

·综述·

¹⁸F-FDG PET/CT 显像在多发性骨髓瘤诊疗中的研究进展

李亚男 董华

天津医科大学第二医院核医学科 300211

通信作者:董华, Email: dhdouble@sina.com

【摘要】 多发性骨髓瘤(MM)是一种克隆性浆细胞异常增生的恶性疾病,多发于老年人,其发病率居恶性血液病的第二位,目前我国其发病率呈逐年上升的趋势。¹⁸F-氟脱氧葡萄糖(FDG)PET/CT显像能够在分子水平上提供恶性肿瘤的增殖和代谢情况等信息,已有的研究结果表明,其在MM的诊断、分期、疗效监测和预后评估等方面具有重要意义。笔者对¹⁸F-FDG PET/CT显像 in MM 诊疗中的研究进展进行综述。

【关键词】 多发性骨髓瘤; 氟脱氧葡萄糖 F18; 正电子发射断层显像术; 体层摄影术, X线计算机; 诊断; 治疗应用

DOI: [10.3760/cma.j.cn121381-201912031-00017](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-201912031-00017)

Research progress of ¹⁸F-FDG PET/CT imaging in the diagnosis and treatment of multiple myeloma

Li Yanan, Dong Hua

Department of Nuclear Medicine, the Second Hospital of Tianjin Medical University, Tianjin 300211, China

Corresponding author: Dong Hua, Email: dhdouble@sina.com

【Abstract】 Multiple myeloma (MM) is a malignant disease of clonal plasma cell hyperplasia, which occurs mostly in the elderly. The incidence of MM ranks second in hematological malignancies and is currently on the rise in China year by year. ¹⁸F-fluorodeoxyglucose (FDG) PET/CT imaging can provide information on the proliferation and metabolism of malignant tumors at the molecular level. Existing studies have proved that ¹⁸F-FDG PET/CT is of great significance in the diagnosis, staging, monitoring of efficacy and prognostic evaluation of MM. This paper reviews the research progress of ¹⁸F-FDG PET/CT imaging in the diagnosis and treatment of MM.

【Key words】 Multiple myeloma; Fluorodeoxyglucose F18; Positron-emission tomography; Tomography, X-ray computed; Diagnosis; Therapeutic uses

DOI: [10.3760/cma.j.cn121381-201912031-00017](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-201912031-00017)

多发性骨髓瘤(multiple myeloma, MM)是一种浆细胞异常增生的恶性疾病,多发于老年人。据预测,随着人口老龄化的发展,MM在我国的发病率将迅速增长并将成为影响国民健康的重大疾病之一^[1]。目前,虽无完全治愈MM的办法,但随着医疗水平的提高、更多诊断手段的普及和各种新型药物的上市,MM的诊疗水平也逐步提高。我们就¹⁸F-FDG PET/CT显像 in MM 诊疗中的应用进展进行综述。

1 ¹⁸F-FDG PET/CT 显像 in MM 诊疗中的优势

MM可广泛侵害骨髓、骨骼和髓外器官,根据疾病损伤靶器官的不同,其常见的临床症状有血钙增高、骨痛、贫血、感染和肾脏损害等^[2]。诊断MM所需的基本检查项目主要包括血液、尿液和骨髓检查等,其特征性表现为溶骨性破坏^[3]。因此,在MM的诊疗过程中除了对患者进行必要的实验室检查外,还需要进行一些影像学检查以对骨

髓系统的病变进行评估。目前,在MM的诊疗过程中常用的影像学检查方法主要包括X射线、CT、MRI和PET/CT。其中,PET/CT和MRI可先于骨质结构变化,在早期发现骨髓的浸润和骨骼代谢的变化,这对于MM骨病的早期诊断具有重要意义^[4]。MRI是检测骨髓受累的“金标准”,PET/CT因可提供有价值的预后数据而成为评估治疗反应的首选技术^[5]。¹⁸F-FDG是一种与葡萄糖结构相似的放射性核素标记化合物,其可进入细胞并滞留在细胞内。当葡萄糖代谢处于平衡状态时,¹⁸F-FDG在细胞内的滞留量与细胞消耗的葡萄糖量大体一致,通过¹⁸F示踪可反映机体器官、组织和细胞的葡萄糖分布和摄取水平。MM的骨骼和髓外浸润病灶具有高代谢的特点,故在¹⁸F-FDG PET/CT显像中显示为高摄取。¹⁸F-FDG PET/CT显像不仅能够直观地显示出MM病灶的代谢情况,而且通过一次检查即可评价全身脏器和骨骼有无浸润,从而多方位、全方面地显示病灶的部位和数量。因此,其对于MM的诊断,特别是对于存在髓外器官受累的患者具有独特的优势。

2 ¹⁸F-FDG PET/CT显像在MM中的应用进展

2.1 在诊断和分期中的应用

¹⁸F-FDG PET/CT显像可以显示肿瘤的代谢情况,故其在MM的临床诊断中具有较高的价值^[6]。在MM的诊断和传统Durie-Salmon分期中,确定是否有靶器官的损害及了解骨髓溶骨性病灶的数量尤为重要^[7]。相较于X射线检查和CT,¹⁸F-FDG PET/CT显像可更早且更灵敏地发现骨髓的浸润及骨骼代谢的变化,从而有助于MM骨病的检出^[4]。2017年,国际骨髓瘤工作组发布的共识声明推荐将¹⁸F-FDG PET/CT显像应用于MM相关骨病的诊断和分期中^[8]。Takahashi等^[9]为了评价PET/CT定量参数对MM骨骼系统受累的评价能力,引入了骨累及强度的概念。骨累及强度是一个基于肝脏SUV和骨骼SUV进行计算的定量参数。该研究中59例MM患者的¹⁸F-FDG PET/CT图像证实,骨累及强度可客观评价MM骨骼系统的受累程度。Li等^[10]对96例初诊MM患者的¹⁸F-FDG PET/CT图像进行研究,结果显示,在椎体的溶骨性病变中,¹⁸F-FDG PET/CT显像的诊断灵敏度较X射线检查更高。宋烈晶等^[11]对比研究了¹⁸F-FDG PET/CT显

像和⁹⁹Tc^m-MDP SPECT全身骨显像对MM骨病的诊断价值,结果显示,¹⁸F-FDG PET/CT显像对MM骨骼病灶的诊断更灵敏且有助于MM髓外浸润的诊断。¹⁸F-FDG PET/CT显像具有通过一次检查即可获得全身影像的特点,能够帮助临床医师发现MM患者靶器官受累的情况,且其对骨骼病灶的诊断灵敏度更高。¹⁸F-FDG PET/CT在指导MM分期的同时还能帮助临床医师选择合适的穿刺部位以提高穿刺的成功率,故其在MM的诊断和分期中具有重要价值。

2.2 在预后评估中的应用

通过¹⁸F-FDG PET/CT显像获得的图像信息和一些标准化半定量参数对于预测MM患者的无进展生存期(progression-free survival, PFS)和总生存期(overall survival, OS)有重要价值。Moreau等^[12]为评价¹⁸F-FDG PET/CT和MRI在MM患者预后评估中的价值,对134例MM患者进行了前瞻性研究:在患者被诊断为MM时、联合化疗3周后以及维持治疗前分别进行了¹⁸F-FDG PET/CT和MRI检查,最终结果显示,在预后评估方面,¹⁸F-FDG PET/CT比MRI更有价值,其中,在被诊断为MM时和维持治疗前行¹⁸F-FDG PET/CT对患者的PFS和OS有很高的预测价值。

近几年的研究结果表明,MM患者的骨骼病灶数量和髓外浸润情况是评估其预后的有力依据。Jung等^[13]为探究治疗前行¹⁸F-FDG PET/CT显像对采用不同修订的国际分期体系进行分期的初诊MM患者预后评估的作用,回顾性分析了167例初诊MM患者的临床资料,所有患者均在诱导治疗前行¹⁸F-FDG PET/CT显像,结果显示,具有>3个局灶性高代谢病灶或髓外浸润的患者,其PFS和OS显著短于其他患者,并得出¹⁸F-FDG PET/CT是初诊MM患者生存结局的独立预测因素的结论。此外,在治疗前行¹⁸F-FDG PET/CT检查有助于确定II期和III期MM患者的生存结局。Aljama等^[14]回顾性分析了313例初诊MM患者的临床资料,结合其¹⁸F-FDG PET/CT图像中显示的病灶数量和髓外浸润情况,得出了相似的结论。该结论亦被Moon等^[15]对76例初诊MM患者进行的队列研究结果证实。四肢骨骼的骨髓病变对于初诊MM患者的预后评估具有一定价值^[16]。Abe等^[17]回顾性分析了228例在治疗初期进行过¹⁸F-FDG PET/CT

显像的MM患者的临床资料,评价 ^{18}F -FDG PET/CT检出四肢骨骼的骨髓病灶对其预后的预测价值,结果显示,具有超过3个四肢骨骼的骨髓局灶性病变的患者,其PFS和OS明显短于具有较少病灶的患者,四肢骨骼的骨髓病灶数目可以作为预测患者PFS和OS的独立因素。

髓外多发病灶对MM患者的PFS和OS有不良影响^[17]。 ^{18}F -FDG PET/CT显像可帮助临床医师较早地发现MM患者髓外浸润的情况,这对于其预后评估和治疗方式的选择有重要意义。Li等^[18]报道了1例罕见的MM颅内浸润患者,其因海绵窦综合征入院,头部MRI图像显示有海绵窦的肿块和周围骨骼的侵蚀,考虑为转移灶;联合 ^{18}F -FDG PET/CT显像发现了弥漫性的骨病变以及肝结节、皮下结节和淋巴结等部位的高摄取,后经活检证实为MM伴颅内浸润。Velaga等^[19]报道了1例罕见的MM阴囊浸润患者,其为80岁男性,因阴囊无痛性肿大入院, ^{18}F -FDG PET/CT图像显示睾丸和左侧精索有显像剂浓聚,阴囊切除术后行组织病理学检查证实为MM。Khan等^[20]报道了1例罕见的女性生殖系统、甲状腺和乳腺浸润的髓外MM患者,其为41岁女性,因盆腔疼痛、月经过多和严重的症状性贫血入院,行子宫、双侧输卵管和卵巢切除术后进行活检,结果显示有MM的浸润,经骨髓穿刺活检确诊为MM,后行 ^{18}F -FDG PET/CT检查,图像显示乳腺和甲状腺存在不同程度的显像剂浓聚,经活检证实为MM浸润。

此外,有研究结果表明,MM的恶性程度与 ^{18}F -FDG PET/CT的SUV有关。Bailly等^[21]的研究结果表明,SUV_{max}的减小是评估MM患者长期预后的有力依据。夏冰等^[22]回顾性分析了123例行 ^{18}F -FDG PET/CT检查的MM患者的临床资料,探究初诊时 ^{18}F -FDG PET/CT与实验室检查的相关性及其在MM患者预后评估中的价值,结果表明,通过 ^{18}F -FDG PET/CT检测溶骨性病变可作为预测MM预后的间接指标且SUV_{max}可作为影响OS的不良预后因素。然而,Aljama等^[14]认为没有明确的SUV临界值可以预测PFS或OS。

目前,有国外研究者应用 ^{18}F -FDG PET/CT联合其他实验室检查或细胞学检查预测MM患者的预后并取得了显著成效^[23-24]。Abe等^[23]联合MM患者治疗前的 ^{18}F -FDG PET/CT图像与克隆性循环浆

细胞的定量水平分析其与预后的相关性,他们回顾性分析了163例初诊有症状的MM患者的临床资料,所有患者均在诱导治疗的过程中接受了新型药物的治疗。多变量分析结果显示, ^{18}F -FDG PET/CT与克隆性循环浆细胞的联合分期对患者PFS和OS的评估具有重要作用,虽然PET/CT和克隆性循环浆细胞可独立预测初诊MM患者的危险因素和生存结局,但两者联合可以更好地对MM患者的预后进行评估,并促进MM新型药物的开发。与此同时,Abe等^[24]探究了MM患者己糖激酶2的低表达与其 ^{18}F -FDG PET/CT假阴性结果间的关系,并评估了此类患者的预后,该研究结果首次显示,己糖激酶2低表达且 ^{18}F -FDG PET/CT出现假阴性结果的MM患者预后相对较好,这表明当 ^{18}F -FDG PET/CT出现假阴性结果时进行己糖激酶2的检测可能不会影响 ^{18}F -FDG PET/CT对患者预后的预测价值。

2.3 在疗效评估中的应用

^{18}F -FDG PET/CT显像是评估治疗反应的最佳工具^[25]。国际骨髓瘤工作组强烈建议将 ^{18}F -FDG PET/CT显像作为评估MM治疗反应的首选成像技术^[8-26]。在干细胞移植术后行 ^{18}F -FDG PET/CT可评价疗效并指导修正治疗方案^[27]。Stolzenburg等^[28]回顾性分析了45例行异体造血干细胞移植术的MM患者的临床资料,通过分析术前和术后的 ^{18}F -FDG PET/CT图像发现, ^{18}F -FDG PET/CT显像可以评估MM患者治疗后的PFS和OS。Ripani等^[29]为探究 ^{18}F -FDG PET/CT显像的一些标准化半定量参数在MM患者疗效评估中的价值,回顾性分析了28例接受诱导化疗和自体干细胞移植的MM患者的临床资料,患者在治疗前后均行 ^{18}F -FDG PET/CT显像,结果表明,通过 ^{18}F -FDG PET/CT得出的标准化半定量参数能够有效预测MM患者对治疗的持续反应和短期的代谢进展时间。Li等^[10]对96例初诊MM患者进行了研究,所有患者均在诱导化疗后行自体干细胞移植术和维持治疗,并在治疗过程中行 ^{18}F -FDG PET/CT显像,结果表明,在监测治疗反应方面, ^{18}F -FDG PET/CT显像检测肿瘤残余灶的灵敏度高于血清的免疫固定电泳法。

2.4 其他

随着影像组学概念的提出,研究者开始尝试采用一种定量的分析方法代替传统的视觉分析以对恶

性肿瘤进行诊断。Morvan 等^[30]为更好地帮助临床医师对 MM 患者进行诊断和选择治疗方案,开发了一种基于 PET/CT 定量图像特征的计算机辅助系统,其采用机器学习的方法预测初诊 MM 患者的 PFS。该研究回顾性分析了 66 例 MM 患者的临床资料,基于放射组学并参考常规的 PET/CT 半定量参数(如 SUV、SUV_{max} 和病灶数量等)以及医学临床生物标志物,证实了影像组学对 MM 患者预后的预测价值,也进一步证明了特征选择对于建立 MM 进展预测自动框架的重要性,以及同时考虑临床特征和图像特征的重要性。

3 小结与展望

综上所述,¹⁸F-FDG PET/CT 显像是 MM 诊疗的有利工具,在 MM 的诊断、分期、疗效监测和预后评估等方面均有重要意义。但由上述研究报道可见,¹⁸F-FDG PET/CT 对 MM 病灶的诊断主要依靠视觉评估和 SUV 等半定量参数,其诊断的准确率多取决于医师的经验。要想更好地评估¹⁸F-FDG PET/CT 显像对 MM 的诊断价值,仍需要更多系统性、大规模、多中心的研究对其进行验证,且迫切需要标准化的诊断标准并建立明确的指导原则来确保诊断的准确率。虽然意大利核医学专家提出了新的视觉描述标准(意大利多发性骨髓瘤 PET 应用标准^[31])来标准化¹⁸F-FDG PET/CT 显像对 MM 患者的评价,且其经验证具有高度可重复性,但更多相关的前瞻性研究仍在进行中^[32]。此外,MM 的发病率存在种族差异,有研究结果表明,不同种族用于评价 MM 患者预后的指标也可能不同^[33]。目前,国内对¹⁸F-FDG PET/CT 显像在 MM 临床应用方面的研究并不多。因此,仍需大量研究数据的支持以形成相关的指南和标准。

利益冲突 本研究由署名作者按以下贡献声明独立开展,不涉及任何利益冲突。

作者贡献声明 李亚男负责文献的收集与整理、综述的撰写;董华负责综述的审阅与修订。

参 考 文 献

- [1] Lu J, Lu J, Chen W, et al. Clinical features and treatment outcome in newly diagnosed Chinese patients with multiple myeloma: results of a multicenter analysis[J/OL]. *Blood Cancer J*, 2014, 4(8): e239[2019-12-24]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4219472>. DOI: 10.1038/bcj.2014.55.
- [2] 中国医师协会血液科医师分会,中华医学会血液学分会,中国医师协会多发性骨髓瘤专业委员会.中国多发性骨髓瘤诊治指南(2017年修订)[J].*中华内科杂志*, 2017, 56(11): 866-870. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2017.11.021. Hematology Physician Branch of Chinese Medical Doctor Association, Hematology Society of Chinese Medical Association, Multiple Myeloma Professional Committee of Chinese Medical Doctor Association. The guidelines for the diagnosis and management of multiple myeloma in China (2017 revision)[J]. *Chin J Intern Med*, 2017, 56(11): 866-870. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2017.11.021.
- [3] Pianko MJ, Terpos E, Roodman GD, et al. Whole-body low-dose computed tomography and advanced imaging techniques for multiple myeloma bone disease[J]. *Clin Cancer Res*, 2014, 20(23): 5888-5897. DOI: 10.1158/1078-0432.CCR-14-1692.
- [4] 中华医学会血液学分会.多发性骨髓瘤骨病诊治指南[J].*中华血液学杂志*, 2011, 32(10): 721-723. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2727.2011.10.023. Hematology Society of Chinese Medical Association. Guidelines for the diagnosis and treatment of multiple myeloma bone disease[J]. *Chin J Hematol*, 2011, 32(10): 721-723. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2727.2011.10.023.
- [5] Zamagni E, Tacchetti P, Cavo M. Imaging in multiple myeloma: how? When?[J]. *Blood*, 2019, 133(7): 644-651. DOI: 10.1182/blood-2018-08-825356.
- [6] 姚树展,孟繁禄,刘松涛,等. PET/CT 对多发性骨髓瘤的诊断价值[J].*中华核医学杂志*, 2009, 29(2): 82-84. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-9780.2009.02.003. Yao SZ, Meng FL, Liu ST, et al. The staging value with PET/CT imaging in multiple myeloma[J]. *Chin J Nucl Med*, 2009, 29(2): 82-84. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-9780.2009.02.003.
- [7] Rajkumar SV, Dimopoulos MA, Palumbo A, et al. International Myeloma Working Group updated criteria for the diagnosis of multiple myeloma[J]. *Lancet Oncol*, 2014, 15(12): e538-e548. DOI: 10.1016/S1470-2045(14)70442-5.
- [8] Cavo M, Terpos E, Nanni C, et al. Role of ¹⁸F-FDG PET/CT in the diagnosis and management of multiple myeloma and other plasma cell disorders: a consensus statement by the International Myeloma Working Group[J]. *Lancet Oncol*, 2017, 18(4): e206-e217. DOI: 10.1016/S1470-2045(17)30189-4.
- [9] Takahashi MES, Mosci C, Souza EM, et al. Proposal for a quantitative ¹⁸F-FDG PET/CT metabolic parameter to assess the intensity of bone involvement in multiple myeloma[J/OL]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 16429[2019-12-24]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6848137>. DOI: 10.1038/s41598-019-52740-2.
- [10] Li Y, Liu JR, Huang BH, et al. Application of PET/CT in treatment response evaluation and recurrence prediction in patients with newly-diagnosed multiple myeloma[J/OL].

- Oncotarget, 2017, 8(15): 25637–25649[2019-12-24]. <https://www.oncotarget.com/article/11418/text>. DOI: 10.18632/oncotarget.11418.
- [11] 宋烈晶, 徐海青, 陆克义, 等. ^{18}F -FDG 和 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 显像诊断多发性骨髓瘤骨病的对比研究[J]. 国际放射医学核医学杂志, 2019, 43(4): 303–307. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2019.04.002.
- Song LJ, Xu HQ, Lu KY, et al. Comparative study of ^{18}F -FDG PET/CT and $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP whole body bone scan for multiple myeloma bone disease detection[J]. *Int Radiat Med Nucl Med*, 2019, 43(4): 303–307. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2019.04.002.
- [12] Moreau P, Attal M, Caillot D, et al. Prospective evaluation of magnetic resonance imaging and [^{18}F]fluorodeoxyglucose positron emission tomography-computed tomography at diagnosis and before maintenance therapy in symptomatic patients with multiple myeloma included in the IFM/DFCI 2009 trial: results of the IMAJEM study[J]. *J Clin Oncol*, 2017, 35(25): 2911–2918. DOI: 10.1200/JCO.2017.72.2975.
- [13] Jung SH, Kwon SY, Min JJ, et al. ^{18}F -FDG PET/CT is useful for determining survival outcomes of patients with multiple myeloma classified as stage II and III with the revised international staging system[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2019, 46(1): 107–115. DOI: 10.1007/s00259-018-4114-0.
- [14] Aljama MA, Sidiqi MH, Buadi FK, et al. Utility and prognostic value of ^{18}F -FDG positron emission tomography-computed tomography scans in patients with newly diagnosed multiple myeloma[J]. *Am J Hematol*, 2018, 93(12): 1518–1523. DOI: 10.1002/ajh.25279.
- [15] Moon SH, Choi WH, Yoo IR, et al. Prognostic value of baseline ^{18}F -fluorodeoxyglucose PET/CT in patients with multiple myeloma: a multicenter cohort study[J]. *Korean J Radiol*, 2018, 19(3): 481–488. DOI: 10.3348/kjr.2018.19.3.481.
- [16] Matsue K, Kobayashi H, Matsue Y, et al. Prognostic significance of bone marrow abnormalities in the appendicular skeleton of patients with multiple myeloma[J]. *Blood Adv*, 2018, 2(9): 1032–1039. DOI: 10.1182/bloodadvances.2017014720.
- [17] Abe Y, Narita K, Kobayashi H, et al. Medullary abnormalities in appendicular skeletons detected with ^{18}F -FDG PET/CT predict an unfavorable prognosis in newly diagnosed multiple myeloma patients with high-risk factors[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2019, 213(4): 918–924. DOI: 10.2214/AJR.19.21283.
- [18] Li CY, Shao FQ, Yang YH, et al. Diffuse infiltration of multiple myeloma with initial manifestation of cavernous sinus syndrome unveiled by ^{18}F -FDG PET/CT[J]. *Clin Nucl Med*, 2019, 44(9): 746–747. DOI: 10.1097/RLU.0000000000002722.
- [19] Velaga J, Liang HH, Gopalakrishnan SK. Multiple myeloma of testes and spermatic cord on ^{18}F -FDG PET/CT[J]. *Clin Nucl Med*, 2019, 44(4): 297–298. DOI: 10.1097/RLU.00000000000002462.
- [20] Khan AM, Azar I, Najjar S, et al. A case of aggressive multiple myeloma with extramedullary involvement of the female reproductive system, thyroid and breasts[J/OL]. *Case Rep Hematol*, 2019, 2019: article ID 7348504[2019-12-24]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6701299>. DOI: 10.1155/2019/7348504.
- [21] Bailly C, Carlier T, Jamet B, et al. Interim PET analysis in first-line therapy of multiple myeloma: prognostic value of $\Delta\text{SUV}_{\text{max}}$ in the FDG-avid patients of the IMAJEM study[J]. *Clin Cancer Res*, 2018, 24(21): 5219–5224. DOI: 10.1158/1078-0432.CCR-18-0741.
- [22] 夏冰, 吴凌, 李梦真, 等. ^{18}F -FDG PET-CT 显像特征在初诊多发性骨髓瘤患者预后评估中的价值[J]. 白血病·淋巴瘤, 2019, 28(8): 457–462. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-9921.2019.08.002.
- Xia B, Wu L, Li MZ, et al. Value of ^{18}F -FDG PET-CT imaging features in the prognosis evaluation of newly diagnosed patients with multiple myeloma[J]. *J Leukemia & Lymphoma*, 2019, 28(8): 457–462. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-9921.2019.08.002.
- [23] Abe Y, Narita K, Kobayashi H, et al. Pretreatment ^{18}F -FDG PET/CT combined with quantification of clonal circulating plasma cells as a potential risk model in patients with newly diagnosed multiple myeloma[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2019, 46(6): 1325–1333. DOI: 10.1007/s00259-019-4275-5.
- [24] Abe Y, Ikeda S, Kitadate A, et al. Low hexokinase-2 expression-associated false-negative ^{18}F -FDG PET/CT as a potential prognostic predictor in patients with multiple myeloma[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2019, 46(6): 1345–1350. DOI: 10.1007/s00259-019-04312-9.
- [25] Ormond Filho AG, Carneiro BC, Pastore D, et al. Whole-body imaging of multiple myeloma: diagnostic criteria[J]. *Radiographics*, 2019, 39(4): 1077–1097. DOI: 10.1148/rg.2019180096.
- [26] Kumar S, Paiva B, Anderson KC, et al. International Myeloma Working Group consensus criteria for response and minimal residual disease assessment in multiple myeloma[J]. *Lancet Oncol*, 2016, 17(8): e328–e346. DOI: 10.1016/S1470-2045(16)30206-6.
- [27] Dammacco F, Rubini G, Ferrari C, et al. ^{18}F -FDG PET/CT: a review of diagnostic and prognostic features in multiple myeloma and related disorders[J]. *Clin Exp Med*, 2015, 15(1): 1–18. DOI: 10.1007/s10238-014-0308-3.
- [28] Stolzenburg A, Lückerkath K, Samnick S, et al. Prognostic value of [^{18}F]FDG-PET/CT in multiple myeloma patients before and after allogeneic hematopoietic cell transplantation[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2018, 45(10): 1694–1704. DOI: 10.1007/s00259-018-3997-0.
- [29] Ripani D, Caldarella C, Za T, et al. Prognostic significance of normalized FDG-PET parameters in patients with multiple myeloma undergoing induction chemotherapy and autologous hematopoietic stem cell transplantation: a retrospective single-

center evaluation[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2019, 46(1): 116–128. DOI: 10.1007/s00259-018-4108-y.

[30] Morvan L, Carlier T, Jamet B, et al. Leveraging RSF and PET images for prognosis of multiple myeloma at diagnosis[J]. *Int J Comput Assist Radiol Surg*, 2020, 15(1): 129–139. DOI: 10.1007/s11548-019-02015-y.

[31] Nanni C, Zamagni E, Versari A, et al. Image interpretation criteria for FDG PET/CT in multiple myeloma: a new proposal from an Italian expert panel. IMPeTUs (Italian myeloma criteria for PET use)[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2016, 43(3): 414–421. DOI: 10.1007/s00259-015-3200-9.

[32] Nanni C, Versari A, Chauvie S, et al. Interpretation criteria for FDG PET/CT in multiple myeloma (IMPeTUs): final results. IMPeTUs (Italian myeloma criteria for PET use)[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2018, 45(5): 712–719. DOI: 10.1007/s00259-017-3909-8.

[33] Bhatnagar V, Wu Y, Goloubeva OG, et al. Disparities in black and white patients with multiple myeloma referred for autologous hematopoietic transplantation: a single center study[J]. *Cancer*, 2015, 121(7): 1064–1070. DOI: 10.1002/cncr.29160.

(收稿日期: 2019–12–25)

《国际放射医学核医学杂志》第六届编辑委员会成员名单

顾问 柴之芳 程天民 樊飞跃 刘昌孝 潘自强 詹启敏 张永学
 总编辑 樊赛军
 副总编辑 黄钢 李宝生 李方 李思进 李亚明 刘强 孙全富 谭建 王军平 王铁
 赵军
 编辑委员 (含总编辑、副总编辑)

蔡露(美国) 陈明 陈文新 陈跃 程震 邓大平 董秀玥 樊赛军 樊卫
 方纬 冯彦林 傅志超 高再荣 顾永清 官键 韩星敏 何玲 贺小红 胡步荣
 黄钢 贾强 姜炜 金顺子 鞠永健 兰晓莉 李宝生 李彪 李方 李剑明
 李洁清 李林 李林法 李思进 李险峰 李小东 李亚明 李幼忱 梁琰 林岩松
 刘鉴峰 刘建军 刘建香 刘强 刘兴党 刘玉龙 龙鼎新 吕玉民 吕中伟 马云川
 缪蔚冰 邵春林 沈婕 沈强(美国) 石峰 石洪成 宋娜玲 宋少莉 孙全富
 谭建 唐亚梅 王冰(日本) 王春祥 王凡 王海潮(美国) 王辉 王军平
 王平 王全师 王铁 王雪梅 王跃涛 王云华 王振光 吴华 吴李君 武志芳
 肖国有 徐白莹 徐浩 徐文贵 徐志勇 阎紫宸(中国台湾) 杨国仁 杨辉
 杨吉刚 杨卫东 杨志 姚稚明 于丽娟 查金顺 章英剑 章真 张宏 张锦明
 张舒羽 张遵城 赵长久 赵晋华 赵军 赵路军 赵新明 郑飞波 周美娟 周平坤
 周宗玖 朱朝晖 朱茂祥 朱小华 左长京 Hiroshi Toyama(日本)
 Hongming Zhuang(美国) Li shuren(奥地利)

通讯编委 边艳珠 卜丽红 陈薇 陈志军 程兵 程祝忠 戴东 邓智勇 董华 董孟杰
 段东 冯学民 傅鹏 付鹏 付巍 管樑 何玉林 何之彦 黄建敏 黄琦
 霍力 金刚 康飞 李百龙 李贵平 李素平 李昕 梁婷 林端瑜 林志春
 刘斌 刘雪辉 龙再颖 卢洁 陆克义 罗全勇 马超 孟召伟 穆晓峰 农天雷
 秦永德 史文杰 宋其韬 苏新辉 孙凯 谭丽玲 王攀 王任飞 王伟 王雪鹃
 王玉君 王治国 韦智晓 吴彩兰 吴巍 夏伟 徐荣 徐文清 徐颖 杨爱民
 杨忠毅 姚树展 尹雅芙 于海鹏 余飞 袁耿彪 袁建伟 岳殿超 章斌 张春银
 张金赫 张金山 张凯秀 张一帆 张照辉 赵倩 郑红宾 朱高红 朱国英 朱玉春
 周友俊 邹仲敏 左传涛

(以上按姓氏汉语拼音排序)