

·综述·

前列腺癌骨转移影像诊断方法研究进展

廖光星 冷志欣 肖国有

530021 南宁, 广西医科大学附属肿瘤医院核医学科

通信作者: 肖国有, Email: xgy725@aliyun.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2016.06.012

【摘要】 前列腺癌具有很高的骨转移倾向, 在初次诊断时即有较高的骨转移率, 所以前列腺癌患者早期筛查骨转移对前列腺癌的分期、治疗及预后判断具有重要意义。放射性核素骨显像是临床常用的骨转移影像学检查方法, 对骨转移瘤早期即有较高的检出率, 辅以 X 线平片、CT、MRI 等手段, 有助于进一步提高诊断的准确性。笔者就前列腺癌骨转移的影像学检查的研究现状做一综述, 为临床早期诊断骨转移瘤提供影像学依据。

【关键词】 前列腺肿瘤; 肿瘤转移; 放射摄影术; 磁共振成像; 体层摄影术, X 线计算机; 正电子发射断层显像术

基金项目: 广西卫计委自筹经费课题(Z2012016, Z2015585, Z2016472, Z2016498); 广西教育厅广西高校中青年教师基础能力提升项目(KY2016LX050, KY2016LX025, 2016JGB186); 广西医科大学教育教学改革立项项目(2015XJGB23, 2016XJGA21); 广西高等教育本科教学改革工程项目(2016JGB186)

Progress of imaging in the diagnosis of bone metastases of prostate cancer Liao Guangxing, Leng Zhixin, Xiao Guoyou

Department of Nuclear Medicine, Affiliated Tumor Hospital of Guangxi Medical University, Nanning 530021, China

Corresponding author: Xiao Guoyou, Email: xgy725@aliyun.com

【Abstract】 Prostate cancer has a high bone metastasis tendency. At the time of initial diagnosis, there is a high rate of bone metastasis. Early detection of bone metastases in patients with prostate cancer has important significance for staging, treatment and prognosis of prostate cancer. Radionuclide bone imaging(SPECT) is a commonly used imaging examination method of bone metastases, which had a higher detection rate in early bone metastases. Combined with X-ray, CT, MRI and other ways can improve the accuracy of bone metastases. This review summarizes the research status of the imaging examination of bone metastasis of prostate cancer, which provides the imaging evidence for early diagnosis of bone metastases.

【Key words】 Prostatic neoplasms; Neoplasm metastasis; Radiography; Magnetic resonance imaging; Tomography, X-ray computed; Positron-emission tomography

Fund programs: Self-financing Issue of the Guangxi Zhuang Autonomous Region Health and Family Planning Commission(Z2012016, Z2015585, Z2016472, Z2016498); the Project of Higher Education in Guangxi Department of Education to Enhance the Basic Capacity of Young Teachers(KY2016LX025, KY2016LX050); Reform of Education and Teaching in Guangxi Medical University(2015XJGB23, 2016XJGA21); Project of Undergraduate Teaching Reform of Higher Education in Guangxi(2016JGB186)

前列腺癌是威胁男性健康的常见肿瘤之一, 占 2008 年全球新发病例的 14%(903 500 例), 位列男性肿瘤的第 2 位^[1]。而在美国, 2014 年前列腺癌预期新发病例约 23.3 万, 占男性所有新发恶性肿瘤的 27%, 发病率居首位^[2]。与世界部分国家和地区

前列腺癌发病率比较, 我国前列腺癌处于较低水平, 但发病率呈逐年上升的趋势, 一项上海地区前列腺癌的研究表明, 2009 年发病率较 2000 年提高了 3.28~5.33 倍, 前列腺癌将成为影响我国居民健康的主要恶性肿瘤之一^[3]。有大量文献^[4-5]说明,

相对其他组织和器官来说,前列腺癌细胞对骨髓组织的亲和力更强,通常引起成骨细胞的损伤和增生活跃,在早期往往没有明显临床症状。因此,前列腺癌患者骨转移的早期诊断对前列腺癌的分期、治疗及预后判断具有重要意义。目前对于前列腺癌骨转移的早期诊断,首选具有较高灵敏性的放射性核素骨显像,但缺点是特异性较差,容易产生假阳性,而骨 SPECT/CT 显像增加了 CT 扫描并融合图像,除提高了准确的解剖定位外,骨转移的检出率也大大提高。其他的影像学检查手段包括 X 线平片、CT、MRI 及 PET/CT 等。本文将对前列腺癌骨转移的影像学诊断方法的优缺点进行分析、比较,为临床前列腺癌骨转移的早期诊断提供影像学依据。

1 X 线平片

X 线平片是影像学检查骨转移瘤最基本的检查方法,骨转移瘤形成的最初病理改变是骨髓微转移灶侵犯骨小梁间的正常骨髓组织,进而破坏骨小梁。发生在皮质骨的转移灶可较早发现,发生在松质骨时,骨小梁破坏程度大于 50%,并且直径在 1.0 cm 以上,才能通过 X 线平片显示转移灶。前列腺癌骨转移以成骨型转移最为多见,X 线平片表现为多发圆形或椭圆形斑片状、结节状致密影,边界不规则,多数病灶可融合成大块硬化灶,骨皮质多完整,也有病变累计多骨,呈弥漫性、棉絮状密度增高影,而且前列腺癌骨转移以肋骨、脊椎和骨盆转移为主,存在脏器干扰,X 线平片显示更加困难,因此 X 线平片对前列腺癌骨转移意义不大。与其他影像学方法比较,X 线检出骨转移瘤的敏感性低,约 50% 以上的骨质改变后才出现阳性结果,但其有较高的特异性,有助于与其他病变或原发性骨肿瘤相鉴别^[6-7]。四肢骨转移瘤的影像学检查中,X 线平片依然是首选且最常用的检查方式,其主要优势是费用相对低廉,检查方便,能较大范围地检测病变部位;在评估骨皮质受侵范围、管状骨病理性骨折的风险方面具有不可替代的作用^[7]。

2 CT

CT 具有空间分辨率高、扫描速度快等优点,能更加清晰地显示病灶位置、肿块大小及其与周围组织的关系。CT 的横断面成像及较高的密度分辨率使得其可以在身体解剖部位比较复杂或重叠结构

较多的部位显示更细微的征象,在影像学诊断上更具优势,同时 CT 值的测量可对病变的鉴别诊断提供帮助,CT 对骨转移灶探测的灵敏度为 66.2%,特异度为 99.3%^[8],更有助于判断溶骨性病灶或成骨性病灶。骨转移瘤在 CT 上的典型表现为成骨型转移为骨松质中斑片状、结节状或棉絮状致密病灶,边缘模糊,密度均匀,少有骨膜反应,骨皮质增厚。溶骨型转移者表现为骨皮质和松质内斑片状低密度骨质缺损区,边缘清楚无硬化,可伴软组织肿块。混合型转移者可兼有二者表现。多层螺旋 CT 可以在较短时间内对人体进行检查,提供分辨率较高的图像,并通过图像后处理进行多平面冠状位与矢状位的重建,可以显示出更微小的骨质病变,有效地提高对病变的诊断价值,在肋骨、胸骨、四肢骨、头颅骨方面的检出率与 MRI 相当^[9]。骨皮质的破坏达一定程度时,CT 才能显示出骨转移灶的存在,故其对恶性肿瘤早期骨转移的检出率较低,且当病灶伴有骨质疏松或退行性改变时,CT 确定骨皮质的破坏更加困难^[10]。CT 对于评估有无肿瘤细胞骨髓浸润不灵敏,但在显示骨皮质破坏方面优于 MRI。螺旋 CT 检查与 MRI 检查比较,后者对脊柱转移瘤和骨盆转移瘤的检出率更高,这主要是由于 MRI 能发现更多的椎旁软组织及附件破坏情况^[11]。Rieden^[12]认为,X 线检查正常而骨扫描异常且伴有顽固性疼痛者,CT 能够做出诊断,并能帮助确定局部病变和周围软组织病变的程度和范围,而当转移局限在骨髓腔没有引起周围骨结构变化时,只有 MRI 能够做出诊断。

3 MRI

肿瘤细胞发生骨转移首先通过血液循环侵犯骨髓,后侵犯骨皮质,MRI 对骨髓内脂肪与水相对含量的变化非常敏感,早期即可产生阳性信号,组织对比度大,较 CT、X 线平片具有更高的灵敏度和特异度。有文献表明,MRI 的检测灵敏度、特异度及准确率均较骨显像高,据统计,其检测骨转移的灵敏度为 82%~100%,而且可以通过冠状位、矢状位、横断面多平面成像,能准确显示侵犯部位及范围,可以作为全身骨扫描的补充检查手段,在通过临床观察和 SPECT 检查严重怀疑患者患有前列腺癌脊椎骨转移时,建议选用 MRI 进行全方位检查,可发现骨扫描中不能明确的转移灶^[13]。同时,

MRI 对患者的椎旁及硬膜外肿块、神经根、硬膜囊及脊髓受压等软组织情况的显示上要更为清晰、准确。增强扫描后,可进一步提高骨转移的检出率,灵敏度达 93.75%,假阴性仅为 6.25%,从而有助于对肿瘤患者进行更为精确的分期及预后判断^[14]。常规 MRI 在临床应用中由于线圈及其扫描范围的限制,一次只能对一个部位进行扫描,近年来,磁共振全身弥散加权成像(whole body diffusion weighted imaging, WB-DWI)技术得到不断发展,目前已经在恶性肿瘤中得到一定应用^[15]。骨骼肿瘤由于生长较快,肿瘤细胞破坏了正常的骨髓成分,并且肿瘤细胞密度增高致扩散受限,因此,在 WB-DWI 图像上呈明显高信号,病变较常规图像更容易被检出,且诊断时间缩短^[16-17]。有研究表明,WB-DWI 对于骨转移的检测灵敏度为 88%,加上 DWI 序列后灵敏度达 96%,明显高于常规 MRI 及 PET^[18]。当然,WB-DWI 技术目前亦存在一定不足^[19],如对颅骨的病灶显示不佳;受其扫描范围的影响和扫描视野的限制,难以显示四肢远端的病灶;胃肠道高信号的干扰易导致邻近骨骼病灶的假阴性和假阳性,但结合原始轴位的抑脂 T2 加权像图像可以避免漏诊和误诊。

4 ^{99m}Tc -MDP 全身骨显像(whole body bone scan, WBS)

WBS 是一种临床应用最为广泛的骨转移瘤检测方法,常规用来评估高风险骨转移的前列腺癌患者,通常使用 ^{99m}Tc -MDP 作为其显像剂,其与骨骼组织通过离子交换或化学吸附作用而分布于骨骼组织,局部骨骼对显像剂的摄取与该局部血流量和骨盐代谢水平成正比。患处骨的代谢活跃程度和局部血流状况不同会相应引起放射性摄取增高(放射性浓聚或“热区”)或减低(放射性稀疏或“冷区”)。全身骨显像对骨转移瘤的诊断灵敏度高,一次显像即能完成全身骨骼检查,已成为探测骨转移瘤公认的、最常用的检查方法,据报道,其诊断灵敏度为 46%~70%,特异度为 32%~57%,可早于 X 线、CT 检查发现病灶 3~6 个月^[20]。

由于 ^{99m}Tc -MDP 并不是肿瘤特异显像剂,良性骨病变也能摄取,所以其特异度较差,如创伤、手术、炎症、骨质疏松及感染等均可以导致放射性核素局部浓聚,产生假阳性,对于单发病灶的良恶性

鉴别诊断尤其困难。

随着 SPECT 技术的发展,全身骨显像的诊断灵敏度与特异度大大提高,SPECT 可以对全身骨骼进行横断位、冠状位和矢状位等不同角度断层显像,有效地避免了组织重叠的干扰,有助于对病灶进行精确定位,尤其是在脊柱及骨盆等解剖结构复杂的部位^[21]。SPECT/CT 是将 SPECT 与 CT 整合在一起的成像系统,它不仅具有 SPECT 灵敏度高的优点,可将某些 CT 上无异常表现的病灶筛选出来,而且 CT 能分辨皮质或髓质的病变,对常见的易与骨转移相混淆的退行性病变有较好的识别能力,同时能够区分骨破坏的性质,即可区分骨转移是成骨型、溶骨型,还是混合型,有研究表明,SPECT/CT 诊断骨转移瘤的准确率、灵敏度、特异度、阳性预测值和阴性预测值分别为 83.4%、98%、76.8%、93.8%、91.5%^[22]。SPECT/CT 是在受检者不变换体位的情况下,进行功能和解剖图像采集,产生融合图像,通过一次检查同时获得病灶部位的 SPECT 和 CT 诊断信息,但是最新研究发现,其能否提高诊断效能存在争议^[23]。张一秋等^[24]认为,SPECT/CT 显像诊断准确率(89.7%)较全身骨显像诊断准确率(44.5%)明显提高。由于 SPECT/CT 配置的是低分辨率 CT,所以对于一些复杂病变的诊断较困难。

5 PET/CT

PET 是放射性核素显像的功能成像技术,通常使用与天然葡萄糖结构类似的放射性核素标记化合物 ^{18}F -FDG 作为显像剂,从分子水平显示机体或病灶组织细胞的葡萄糖代谢情况。高度恶性的病灶通常较良性或低度恶性病灶有更高的葡萄糖代谢率,相应表现为局部放射性摄取增高。 ^{18}F -FDG PET 从葡萄糖代谢变化的角度显示骨转移瘤,其在肿瘤组织聚积反映骨髓的早期受累,避免了许多良性骨病变带来的假阳性,同时对仅限于骨髓内而尚未引起成骨或溶骨反应的骨转移瘤也可显示^[25]。有学者认为, ^{18}F -FDG PET 在诊断骨转移方面优于常规骨显像,与全身骨显像相比,能够更早地显示骨髓微小转移灶,诊断灵敏度和特异度分别为 80.3%和 98.9%^[26];但有文献表明, ^{18}F -FDG PET 对前列腺癌骨转移并不是很有价值,因为其敏感性要比全身骨显像低^[27];而且 Rosen 等^[28]认为,与常规检查比较,

^{18}F -FDG PET 对骨转移灶的检出灵敏度低于对其他部位转移灶的检出。PET 显像是一种功能显像,空间分辨率不高,对较小病灶容易发生漏诊,许多良性病变如骨的炎性病变、退行性变及外伤等均可表现为高摄取的浓聚灶,导致假阳性,故骨显像特异性较差。PET/CT 是解剖影像与功能影像的结合,弥补了 PET 与 CT 单独应用的不足,将 PET 与 CT 两者的图像融合,提供功能、代谢和精细的解剖信息,提高了骨转移灶的检出率。有文献表明, ^{18}F -FDG PET/CT 对骨转移检测的特异度和准确率均明显高于 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP 骨显像,但与 MRI 比较在对脊柱转移瘤的诊断上价值相似^[29],彭婕等^[30]对 28 例肺癌脊柱骨转移患者行 ^{18}F -FDG PET/CT 显像,并与 MRI 比较发现,PET/CT 的灵敏度与特异度分别为 93.4% 和 95.6%,而 MRI 为 94.7% 和 100%,目前更多研究认为二者诊断效能相近^[31]。 ^{18}F -NaF 作为骨骼显像剂已有 50 多年历史,但由于显像设备限制,应用受限,现随着 PET/CT 的不断发展和普及,其应用价值日益提高。越来越多的研究表明, ^{18}F -NaF PET/CT 诊断骨转移瘤有效率(93%)明显高于 MDP 骨显像(62%)和 WB-DWI+MRI(91%)^[21]。

6 结语

综上所述,X 线平片是影像学检查骨转移瘤最基本的方法,其对转移瘤的敏感性低,但特异性高。CT 对身体解剖位置比较复杂的部位(脊柱、骨盆等)价值更高,对骨皮质的破坏也较敏感,特别是老年前列腺癌患者,在骨质疏松的情况下,CT 有独到之处。MRI 对骨髓内脂肪与水相对含量的变化非常敏感,是检查骨髓转移灶的有效办法,其灵敏度、特异度均高于 CT。放射性全身骨显像是一种临床应用评估有高风险骨转移前列腺癌患者的首选方法,灵敏度高,但特异度较差,如创伤、手术、炎症、骨质疏松及感染等均可以导致放射性核素局部浓聚,容易产生假阳性。PET 及 PET/CT 在早期诊断骨转移瘤方面具有很高的价值,但由于费用较高,现主要用于探测骨外组织、脏器病灶的同时观察骨组织。

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 廖光星和冷志欣负责文献资料收集、论文撰写;肖国有负责论文审阅。

参 考 文 献

- [1] Gernone A, Bordonaro S, Tralongo P. Optimal sequence of bone target drugs in metastatic prostatic cancer[J]. *Expert Rev Anti-cancer Ther*, 2015, 15(8): 923-929. DOI:10.1586/14737140.2015.1054813.
- [2] Siegel R, Ma JM, Zou ZH, et al. Cancer statistics, 2014[J]. *CA Cancer J Clin*, 2014, 64(1): 9-29. DOI:10.3322/caac.21208.
- [3] Hu Y, Zhao Q, Rao J, et al. Longitudinal trends in prostate cancer incidence, mortality, and survival of patients from two Shanghai city districts: a retrospective population-based cohort study, 2000-2009 [J/OL]. *BMC Public Health*, 2014, 14: 356[2016-04-28]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4005468/>. DOI:10.1186/1471-2458-14-356.
- [4] Yasmin-Karim S, King MR, Messing EM, et al. E-selectin ligand-1 controls circulating prostate cancer cell rolling/adhesion and metastasis[J]. *Oncotarget*, 2014, 5(23): 12097-12110. DOI:10.18632/oncotarget.2503.
- [5] Choueiri MB, Tu SM, Yu-Lee LY, et al. The central role of osteoblasts in the metastasis of prostate cancer[J]. *Cancer Metastasis Rev*, 2006, 25(4): 601-609. DOI:10.1007/s10555-006-9034-y.
- [6] 李建飞, 马梓友, 石贵宝, 等. 前列腺癌骨转移的影像诊断分析[J]. *吉林医学*, 2011, 32(29): 6198-6199. DOI:10.3969/j.issn.1004-0412.2011.29.102.
Li JF, Ma ZY, Shi GB, et al. Imaging diagnostic analysis of prostate cancer bone metastases[J]. *Jilin Med J*, 2011, 32(29): 6198-6199.
- [7] 齐红艳, 孙逊, 安锐. 骨转移瘤影像学检查方法及相关进展[J]. *华中科技大学学报: 医学版*, 2015, 44(1): 121-124. DOI:10.3870/j.issn.1672-0741.2015.01.025.
Qi HY, Sun X, An R. The examination method and related progress of bone metastases imaging[J]. *Acta Med Univ Sci Technol Huazhong*, 2015, 44(1): 121-124.
- [8] Buhmann Kirchoff S, Becker C, Duerr HR, et al. Detection of osseous metastases of the spine: comparison of high resolution multi-detector-CT with MRI[J]. *Eur J Radiol*, 2009, 69(3): 567-573. DOI:10.1016/j.ejrad.2007.11.039.
- [9] 李远章, 黄杰灵, 潘智越. 螺旋 CT 在肿瘤骨转移诊断中的价值[J]. *中国医药指南*, 2013, 11(21): 481-482. DOI:10.3969/j.issn.1671-8194.2013.21.364.
Li YZ, Huang JL, Pan ZY. The value of spiral CT in tumor diagnosis of bone metastases[J]. *Guid Chin Med*, 2013, 11(21): 481-482.
- [10] Chagpar A, Babiera G, Aguirre J, et al. Variation in metastatic workup for patients with invasive breast cancer[J]. *Am J Surg*, 2015, 210(6): 1147-1154. DOI:10.1016/j.amjsurg.2015.06.032.
- [11] Cha MJ, Yoon YC. Clinical relevance of the apparent diffusion coefficient value of metastatic bone tumours on diffusion-weighted MRI images: differences according to the types of primary tumour, the affected bones, and clinical factors[J]. *Clin Radiol*, 2015, 70(10): 1116-1121. DOI:10.1016/j.crad.2015.05.015.
- [12] Rieden K. Conventional imaging and computerized tomography in

- diagnosis of skeletal metastases[J]. *Radiologe*, 1995, 35(1): 15-20.
- [13] Iagaru A, Young P, Mittra E, et al. Pilot prospective evaluation of ^{99m}Tc -MDP scintigraphy, ^{18}F NaF PET/CT, ^{18}F FDG PET/CT and whole-body MRI for detection of skeletal metastases[J/OL]. *Clin Nucl Med*, 2013, 38(7): e290-296[2016-04-28]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23455520>. DOI:10.1097/RLU.0b013e3182815f64.
- [14] 秦全波. 前列腺癌脊椎骨转移 CT、MRI 检查的比较分析[J]. *中国实用医药*, 2014, 9(25): 100-101.
Qin QB. Comparative analysis of prostate cancer metastasis vertebrae in CT and MRI examination[J]. *China Prac Med*, 2014, 9(25): 100-101.
- [15] Bourillon C, Rahmouni A, Lin C, et al. Intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging of multiple myeloma lesions: correlation with Whole-Body dynamic contrast agent-enhanced Mr imaging[J]. *Radiology*, 2015, 277(3): 773-783. DOI:10.1148/radiol.2015141728.
- [16] Giles SL, Desouza NM, Collins DJ, et al. Assessing myeloma bone disease with whole-body diffusion-weighted imaging: comparison with x-ray skeletal survey by region and relationship with laboratory estimates of disease burden[J]. *Clin Radiol*, 2015, 70(6): 614-621. DOI:10.1016/j.crad.2015.02.013.
- [17] Thoeny HC, De Keyser F. Extracranial applications of diffusion-weighted magnetic resonance imaging[J]. *Eur Radiol*, 2007, 17(6): 1385-1393.
- [18] Vilanova JC, Barceló J. Diffusion-weighted whole-body MR screening[J]. *Eur J Radiol*, 2008, 67(3): 440-447. DOI:10.1016/j.ejrad.2008.02.040.
- [19] 张伟, 薛鹏, 尹所, 等. 全身弥散加权成像诊断肿瘤骨转移的应用探讨[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2013, 11(2): 91-93. DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2013.02.030.
Zhang W, Xue P, Yin S, et al. The clinical value of Whole-body diffusion weighted imaging on detection of bone metastasis[J]. *Chin J CT MRI*, 2013, 11(2): 91-93.
- [20] Garcia JR, Moreno C, Valls E, et al. Diagnostic performance of bone scintigraphy and ^{11}C -Choline PET/CT in the detection of bone metastases in patients with biochemical recurrence of prostate cancer[J]. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol*, 2015, 34(3): 155-161.
- [21] 饶良俊, 王晓燕, 陈志丰, 等. 对比分析 ^{99m}Tc -MDP SPECT 与 ^{18}F -NaF PET/CT 术前诊断肺癌骨转移的价值[J]. *中国医学影像技术*, 2012, 28(12): 2233-2238.
Rao LJ, Wang XY, Chen ZF, et al. Comparison of preoperative ^{99m}Tc -MDP SPECT and ^{18}F -NaF PET/CT in diagnosis of bone metastases in patients with lung cancer[J]. *Chin J Med Imaging Technol*, 2012, 28(12): 2233-2238.
- [22] 王东, 孟宪平, 陈则君, 等. SPECT/CT 融合图像与全身骨显像对骨转移瘤诊断的价值分析[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2016, 14(4): 126-129. DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2016.04.038.
Wang D, Meng XP, Chen ZJ, et al. The diagnosis value analysis of SPECT/CT fusion images and whole body bone imaging for bone metastases[J]. *Chin J CT MRI*, 2016, 14(4): 126-129.
- [23] Haraldsen A, Bluhme H, Røhl L, et al. Single photon emission computed tomography (SPECT) and SPECT/low-dose computerized tomography did not increase sensitivity or specificity compared to planar bone scintigraphy for detection of bone metastases in advanced breast cancer[J]. *Clin Physiol Funct Imaging*, 2016, 36(1): 40-46. DOI:10.1111/cpf.12191.
- [24] 张一秋, 石洪成, 顾宇参, 等. SPECT/CT 骨显像对肺癌骨转移诊断的增益价值[J]. *中华核医学杂志*, 2011, 31(4): 219-222. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-9780.2011.04.002.
Zhang YQ, Shi HC, Gu YC, et al. The added diagnostic value of SPECT/CT imaging for bone metastases from lung cancer[J]. *Chin J Nucl Med*, 2011, 31(4): 219-222.
- [25] Bailly M, Besse H, Kerdraon R, et al. ^{18}F -FDG PET/CT superscan in prostate cancer[J]. *Clin Nucl Med*, 2014, 39(10): 912-914. DOI:10.1097/RLU.0000000000000376.
- [26] Byun BH, Kong CB, Lim I, et al. Comparison of ^{18}F -FDG PET/CT and ^{99m}Tc -MDP bone scintigraphy for detection of bone metastasis in osteosarcoma[J]. *Skeletal Radiol*, 2013, 42(12): 1673-1681. DOI:10.1007/s00256-013-1714-4.
- [27] Beheshti M, Langsteger W, Fogelman I. Prostate cancer: role of SPECT and PET in imaging bone metastases[J]. *Semin Nucl Med*, 2009, 39(6): 396-407. DOI:10.1053/j.semnuclmed.2009.05.003.
- [28] Rosen EL, Eubank WB, Mankoff DA. FDG PET, PET/CT, and breast cancer imaging[J]. *Radiographics*, 2007, 27(Suppl 1): S215-229. DOI:10.1148/rg.27si075517.
- [29] Mojtahedi A, Solomon SB, Ulaner GA. Focused regional FDG PET/CT detects more osseous metastases than does whole-body PET/CT [J]. *Clin Nucl Med*, 2013, 38(3): 217-218. DOI:10.1097/RLU.0b013e31827a27ae.
- [30] 彭婕, 董爱生, 左长京, 等. 肺癌脊椎骨转移 ^{18}F -FDG PET/CT 与 MRI 的对比分析[J]. *医学影像学杂志*, 2011, 21(10): 1477-1480. DOI:10.3969/j.issn.1006-9011.2011.10.007.
Peng J, Dong AS, Zuo CJ, et al. Evaluation of ^{18}F -FDG PET/CT and Mr imaging in the detection of spinal metastasis of lung cancer[J]. *J Med Imaging*, 2011, 21(10): 1477-1480.

(收稿日期: 2016-05-27)