

·综述·

## SPECT/CT 骨显像在足踝关节病诊治中的应用进展

陈肖玥 张欣韵 施忠民 罗全勇

200233, 上海交通大学附属第六人民医院核医学科(陈肖玥、张欣韵、罗全勇), 骨科(施忠民)

通信作者: 罗全勇, Email: lqyn@sh163.net

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2018.05.012

**【摘要】** 足踝关节复杂的解剖结构给检查带来了较大的困难。目前足踝关节病的初步检查方法是行 X 线评估, MRI 检查则用于进一步明确诊断。 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP 平面骨显像对骨代谢的病变具有很高的灵敏度, 但由于分辨率低和缺乏解剖结构信息, 因而对足踝关节的检查缺乏特异性。 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP SPECT/CT 断层骨显像将骨显像的高灵敏度与 CT 提供的精细解剖结构完美结合, 从而更好地显示  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP 摄取的位置和解剖结构的改变。近年来 SPECT/CT 断层骨显像已逐步用于足踝关节病变的辅助诊断。笔者对 SPECT/CT 断层骨显像在足踝关节病变诊断中的临床应用进行了综述。

**【关键词】** 足关节; 踝关节; 单光子发射计算机断层摄影术

**基金项目:** 上海市重中之重医学影像重点学科(2017ZZ02005)

**Application of SPECT/CT in diagnosis and treatment of foot and ankle diseases** Chen Xiaoyue, Zhang Xinyun, Shi Zhongming, Luo Quanyong

Department of Nuclear Medicine, Shanghai Jiaotong University Affiliated Sixth People's Hospital, Shanghai 200233, China(Chen XY, Zhang XY, Luo QY); Department of Orthopedics, Shanghai Jiaotong University Affiliated Sixth People's Hospital, Shanghai 200233, China(Shi ZM)

Corresponding author: Luo Quanyong, Email: lqyn@sh163.net

**【Abstract】** The complex function of the ankle joint has greatly complicated the examination of its related diseases. The preliminary method for the assessment of foot and ankle diseases involves radiographic assessment, while MRI is used for further diagnosis. Although  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP bone scintigraphy is sensitive to changes in bone metabolism, it has poor specificity because of its low resolution and inability to provide anatomical structural information.  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP SPECT/CT combines the sensitivity of  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP bone scintigraphy with the anatomical structural information provided by CT to show the localization of uptaken MDP and the structural changes associated with foot and ankle diseases. In recent years, SPECT/CT has been gradually used to assist the diagnosis of foot and ankle diseases. In this article, we discuss the clinical application of SPECT/CT tomographic bone scintigraphy in the diagnosis of foot and ankle diseases.

**【Key words】** Foot joints; Ankle joints; Single photon emission computed tomography computed tomography

**Fund program:** Shanghai Key Discipline of Medical Imaging (2017ZZ02005)

足踝部的解剖结构和功能极为复杂, 因此对于其相关疾病的诊断和定位一直是一个难题。传统的影像学检查包括 X 线平片、超声、CT、MRI 等都可以辅助临床进行诊断并指导治疗, 以 MRI 最为常用, 其对于软组织的显示和对比度更为清晰, 因而更容易发现异常。早期的研究使用  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP 平面骨显像来识别足踝部骨代谢的改变, 尽管这种方法有着较高的灵敏度, 但其空间分辨率较低, 难以

对异常部位进行定位, 也无法与其他常规影像学检查结果相匹配<sup>[1]</sup>。SPECT/CT 断层骨显像则解决了这一难题, 它能将骨代谢的异常部位与 CT 图像完美融合, 从而对骨代谢异常部位进行精确定位, 并可以借助 CT 图像观察骨质改变, 提供诊断所需形态学信息。因此, SPECT/CT 断层骨显像在足踝关节疼痛的诊断与治疗中的应用越来越多, 其主要包括引导封闭治疗的定位、骨性关节炎、骨软骨炎、应

力性骨折、撞击综合征、骨桥形成、籽骨与副骨炎、足底筋膜炎的诊断等。

## 1 $^{99m}\text{Tc}$ -MDP 骨显像的基本原理与机制

目前国内常用的骨显像剂为  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP。静脉注射的  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP 可以通过化学吸收与骨骼中的羟基磷灰石晶体结合, 而其结合的多少主要与局部血流量和成骨活性有关<sup>[2]</sup>。因此,  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP 的摄取程度主要反映局部血流和成骨活性的病理变化。所有可引起成骨活性改变的骨骼疾病都会导致  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP 摄取的变化。

## 2 SPECT/CT 引导局部封闭治疗

足踝关节的解剖结构十分复杂, 因此对相关症状进行准确定位一直是一个难题。局部封闭麻醉治疗可作为一种辅助诊疗手段帮助足踝部疼痛患者明确症状的来源, 区分其来自于关节还是周围软组织。有研究报道, 在定位疼痛时诊断性局部封闭麻醉治疗较单独的 X 线及 CT 结果更为有效<sup>[3]</sup>。大量研究证明, 根据 SPECT/CT 诊断结果进行局部封闭麻醉注射治疗能使症状得到显著改善<sup>[4-6]</sup>。最近的一项退行性关节病相关研究显示, 48 例退行性关节病患者选择 SPECT/CT 诊断结果中骨代谢最为活跃的部位进行封闭注射, 其中 43 例患者(90%)的视觉模拟评分升高了 50% 以上<sup>[5]</sup>。X 线常用于引导关节内局部麻醉和类固醇激素注射, 但在骨折或骨性关节炎等导致解剖结构明显异常时则很难达到预期效果。结合 SPECT/CT 发现的异常进行局部封闭麻醉治疗则更具优势。曾有研究调查了关节融合术前经临床表现和常规影像学检查诊断为足踝部病变的病例, 结果发现, CT 引导下局部麻醉治疗约有 57% 患者症状改善<sup>[6]</sup>, 而通过 SPECT/CT 引导下局部麻醉治疗改善症状的患者则可达到 90%~96%<sup>[7]</sup>。

## 3 SPECT/CT 断层骨显像在足踝疾病中的主要临床应用

### 3.1 骨性关节炎

骨性关节炎的 X 线检查主要表现包括: 关节间隙狭窄、软骨下囊肿、骨赘形成和软骨下硬化等, CT 显像也可以观察到这些变化。

成骨细胞活化、骨与软骨代谢增强是骨性关节炎最早的特征。关节面下的成骨细胞在骨性关节炎

的进展中发挥着重要作用, 其对骨显像剂  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP 的摄取增加, 可以预测关节间隙的大小和相应的软骨损失。研究证明,  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP 的摄取越高, 其相应的影像学改变越明显<sup>[8]</sup>。

SPECT/CT 越来越多地被应用于评估足踝关节退行性病变的活动性<sup>[9]</sup>。Pagenstert 等<sup>[10]</sup>发现使用 SPECT/CT 对退行性关节病变进行评价的准确率显著高于单独使用 CT、骨显像或 CT 和骨显像联合使用。此外, 作者同样比较了不同水平的读片医师所得结论, 包括放射科医师、骨科手术医师和骨科住院医师, 发现这些医师对 SPECT/CT 的读片结果并未产生明显差距, 表明 SPECT/CT 也适用于经验不足的医师<sup>[10]</sup>。

### 3.2 骨软骨炎

在踝关节中, 骨软骨炎指距骨和胫骨远端的关节软骨和软骨下骨病变。Loomer 等<sup>[11]</sup>采用 CT 评价骨软骨炎患者, 结果发现 77% 患者的 CT 表现可见透亮的纤维性病变, MRI 可以评估软骨及受累组织结构的完整性, 这些病变在 MRI 中表现为圆形的 T2 高信号。最近, 有研究对 SPECT/CT 和 MRI 两种方式评价骨软骨炎的结果进行了比较, Meftah 等<sup>[12]</sup>分析了 22 例骨软骨炎患者的 MRI 和 SPECT/CT 图像, 结果发现, 虽然骨软骨炎的诊断主要是通过 MRI 表现, 但 SPECT/CT 能在较大病灶或多个病灶之间找到最活跃的病灶, 还能更准确地探测病变破坏的深度, 从而改进手术方案。作者同时报道了 SPECT/CT 在预测早期骨软骨炎方面的价值, MRI 所发现的最小软骨水肿, 在 SPECT/CT 骨显像中同样能表现为明显的骨代谢增高。在慢性骨软骨炎的诊断中, 与单独使用 MRI 诊断的情况比较, 因 SPECT/CT 诊断结果改变治疗方案的比例达到 48%, 而当 SPECT/CT 和 MRI 联合使用时, 这个比例增长至 52%。MRI 和 SPECT/CT 在评估关节软骨时有较高的诊断价值, 但对骨软骨炎的软骨下骨板的评估则存在分歧<sup>[13]</sup>。此外, SPECT/CT 中  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP 摄取增高与 MRI 中骨髓水肿的显像原理有所差别, 因此其表现也存在差异<sup>[14]</sup>。两者之间的差异体现出这两种检查方式所提供的信息完全不同。

SPECT/CT 也被用于评估骨软骨自体移植和翻修手术治疗骨软骨炎的效果。有研究发现, 在骨整合失败或软骨下骨板不稳定的情况下, 因骨重塑增加, 导致示踪剂摄取增加<sup>[15-16]</sup>。近年来, SPECT/

CT也开始用于对有症状且摄取表现符合骨软骨炎的患者进行CT定位下局部封闭麻醉治疗,结果显示所有患者都能立即获得症状的改善(视觉模拟评分降低50%以上)<sup>[16]</sup>。

### 3.3 应力性骨折

<sup>99</sup>Tc<sup>m</sup>-MDP骨显像能显示应力性骨折早期的生理变化,因此能够比X线提前数周发现异常。在骨折最初的2~4周内,早期血池相也能看到摄取增高,这可能是由于急性炎症和新生血管形成所致。<sup>99</sup>Tc<sup>m</sup>-MDP摄取增高同样可出现在骨折后的应激和骨重建的区域。Gaeta等<sup>[17]</sup>比较了早期胫骨应力性损伤的影像学表现,发现MRI(88%)比CT(44%)和骨显像(74%)的灵敏度高。然而,CT对早期骨皮质疲劳导致皮质骨量减少具有更高的准确率。针对骨代谢和结构同时存在改变,如皮质骨量减少时,SPECT/CT是评估早期胫骨应力性损伤的有效手段。由于骨显像的灵敏度较高,特异度较低,有时也会出现假阳性摄取<sup>[18]</sup>,结合CT提供的信息,SPECT/CT则能有效改善单独骨显像特异度低以及假阳性摄取的问题。

### 3.4 跗骨联合

跗骨包括距骨、跟骨以及位于距骨前方的足舟骨、内侧楔骨、中间楔骨、外侧楔骨和位于跟骨前方的骰骨。跗骨联合又称跗骨骨桥,可继发于外伤、炎症性关节炎、关节退化及感染,也可见先天性跗骨联合。其最常发生的部位包括跟舟联合、跟距联合和距舟联合。跗骨联合导致足踝部疼痛的患者可有明显的<sup>99</sup>Tc<sup>m</sup>-MDP摄取增高。组织学研究显示在多骨跗骨联合的患者中,跗骨联合的联合处可见应力性改变征象,导致成骨活跃、骨重塑和退行性改变等,这是导致跗骨联合处显像剂摄取增高的原因<sup>[19]</sup>。SPECT/CT则有助于确认影像学上的改变是否与摄取增高处匹配,从而确定疼痛的来源并协助制定治疗方案<sup>[20]</sup>。

### 3.5 籽骨炎

籽骨容易发生急性损伤和慢性承重导致的病变,还会受到关节内其他疾病的影响。籽骨的急性骨折较为罕见,主要是由于直接的外伤或是用力背屈所致;易于骨化中心融合失败所导致的籽骨分裂相混淆。这两者都更常见于内侧籽骨<sup>[21]</sup>。骨显像可对骨代谢异常进行定位和帮助诊断籽骨病变。过去的研究表明骨显像可区分急性籽骨骨折和籽骨分

裂<sup>[22]</sup>。CT则对检测骨折水平、骨准线和畸形愈合十分有效。籽骨的应力性骨折在没有急性创伤的情况下可发生于剧烈运动后,在骨显像中可表现为摄取增高。与足踝部其他位置的应力性骨折一样,SPECT/CT是显示籽骨结构变化和骨重建的一种有效手段。

籽骨炎是一种令人痛苦的炎症,MRI的影像学表现为骨髓水肿和软组织改变,以及<sup>99</sup>Tc<sup>m</sup>-MDP的摄取增高。已有证据证明骨显像在这些疾病的诊断中能比其他影像学检查更早地发现籽骨的病理性摄取<sup>[23]</sup>。然而,尽管其灵敏度比其他方法要高,但仅通过<sup>99</sup>Tc<sup>m</sup>-MDP摄取增高的表现并不能区分不同的病变<sup>[21]</sup>,且部分无症状患者之中也有摄取<sup>[24]</sup>。在这些情况下,SPECT/CT则可以提升骨显像的价值,帮助显示籽骨的病理性改变。

组织学证实籽骨坏死,且其X线表现为硬化及分裂时,可看到<sup>99</sup>Tc<sup>m</sup>-MDP的摄取增高。组织学标本可见骨小梁坏死导致的新骨形成以及关节软骨退行性变,这两者都可导致示踪剂摄取增加。SPECT/CT的定位能力可以帮助区分坏死籽骨中的新骨形成和退行性病变的摄取。

### 3.6 副骨

多数情况下副骨无明显临床症状,但它常与骨折混淆,并且可以产生与骨折相同的症状。在足部有数种副骨,其中最常见的是副舟骨和距骨后三角骨,它们的产生可能与软骨结合处的退行性变和应力性变化有关。对有症状的副骨行手术治疗后对其标本进行组织学分析,结果发现在慢性损伤和应激反应作用下软骨结合处发生软骨骨化;在手术后症状改善的患者中发现血管间质组织和软骨增生并伴有骨重塑,使得成骨细胞和破骨细胞活性增加,这种骨重塑可能是患者骨显像摄取增高的原因<sup>[25]</sup>。

三角骨是由距骨结节后外侧的一个额外骨化中心发育而来。在产生症状的三角骨中,SPECT/CT可见<sup>99</sup>Tc<sup>m</sup>-MDP摄取增高定位于三角骨处,从而帮助确认症状来源<sup>[26]</sup>,并与其他踝关节疼痛的原因进行鉴别。三角骨在胫骨后与跟骨之间的骨性撞击被认为是踝部疼痛的原因之一,比如长跑运动员、军事人员和需要长期站立的人员<sup>[27]</sup>。在某些情况下,陈旧性骨折和三角骨之间的鉴别是十分困难的,CT可以区别三角骨和距骨之间的慢性骨软骨破坏导致的急性骨折,急性骨折时可见相邻软骨结合处

的囊性变及硬化。

### 3.7 撞击综合征

撞击综合征是骨与软组织撞击所致的踝关节疼痛和运动限制,是引起足踝慢性疼痛的一个重要原因。Chicklore 等<sup>[28]</sup>研究了在撞击综合征和软组织疾病的 43 例患者中 SPECT/CT 骨显像和常规骨显像相比的优势所在。在超过一半的病例中(24/43),SPECT/CT 发现了临床检查未发现的病变。在 43 例患者中,其中 42 例通过 SPECT/CT 提供了更准确的骨代谢异常的位置,与其相比,平面显像仅发现了 31 例异常。但作者仍然肯定了 MRI 或超声在评估足踝疼痛患者撞击综合征和软组织疾病方面的应用价值,因此,建议将 SPECT/CT 用于骨性撞击综合征、伴软组织病变但有 MRI 检查禁忌症(如金属植入物、幽闭恐惧症)或疑有骨骼病变但 X 线表现正常的患者。虽然 MRI 因其优越的软组织对比度和高灵敏度往往作为首选,但最近的一项研究显示,对于有症状的足踝部骨骼、韧带和关节病变,SPECT/CT 与 MRI 的灵敏度基本相当,而 SPECT/CT 的特异度高于 MRI<sup>[29]</sup>。

### 3.8 足底筋膜炎

足底筋膜炎是指贴近跟骨的近端筋膜的病变并伴有脚后跟疼痛。骨显像通常表现为跟骨部位放射性摄取增高,血池相提示充血改变和新生血管形成,延迟相则表现为跟骨摄取增高。MRI 和超声可见足底筋膜明显增厚<sup>[30]</sup>,在 SPECT/CT 的 CT 表现中也可观察到。此外,跟骨骨刺以及附丽病也可在 SPECT/CT 的 CT 上有所表现。附丽病可以发生于足底筋膜的各个位置,可有或没有明显症状。相关的骨膜炎症和新骨形成可能是引起足底筋膜炎患者延迟相表现为局部跟骨摄取增高的原因,这提示跟骨骨膜炎是导致足跟痛的原因之一<sup>[31]</sup>。

## 4 小结与展望

<sup>99m</sup>Tc-MDP SPECT/CT 断层骨显像是评估足踝关节病变的有效手段。通过反映成骨活性的功能影像与提供解剖影像的 CT 图像融合,能够对骨代谢活跃部位进行精准定位,进而提供足踝的解剖和骨代谢的双重信息,通过骨代谢活跃的具体部位而发现引起足踝部疼痛的具体部位,从而对一系列足踝关节疾病提供诊断和治疗的相关信息,有重要临床价值和前景。

**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** 陈肖玥负责论文的撰写;张欣韵负责图片的处理;施忠民负责图片的收集整理;罗全勇负责方法的建立、论文的审阅。

## 参 考 文 献

- [1] Maurice HD, Newman JH, Watt I. Bone scanning of the foot for unexplained pain[J]. J Bone Joint Surg Br, 1987, 69(3): 448-452. DOI:10.1302/0301-620X.69B3.3108262.
- [2] Brenner AI, Koshy J, Morey J, et al. The bone scan[J]. Semin Nucl Med, 2012, 42(1): 11-26. DOI: 10.1053/j.semnucmed.2011.07.005.
- [3] Khoury NJ, elKhoury GY, Saltzman CL, et al. Intraarticular foot and ankle injections to identify source of pain before arthrodesis[J]. AJR Am J Roentgenol, 1996, 167(3): 669-673. DOI: 10.2214/ajr.167.3.8751679.
- [4] Kretschmar M, Wiewiorski M, Rasch H, et al. <sup>99m</sup>Tc-DPD-SPECT/CT predicts the outcome of imaging-guided diagnostic anaesthetic injections: A prospective cohort study[J/OL]. Eur J Radiol, 2011, 80(3): e410-415[2018-03-11]. [https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0720-048X\(10\)00470-5](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0720-048X(10)00470-5). DOI: 10.1016/j.ejrad.2010.09.013.
- [5] Parthipun A, Moser J, Mok W, et al. <sup>99m</sup>Tc-HDP SPECT-CT aids localization of joint injections in degenerative joint disease of the foot and ankle[J]. Foot Ankle Int, 2015, 36(8): 928-935. DOI: 10.1177/1071100715579263.
- [6] Saifuddin A, Abdus-Samee M, Mann C, et al. CT guided diagnostic foot injections[J]. Clin Radiol, 2005, 60(2): 191-195. DOI:10.1016/j.crad.2004.06.017.
- [7] Singh VK, Javed S, Parthipun A, et al. The diagnostic value of single photon-emission computed tomography bone scans combined with CT(SPECT-CT) in diseases of foot and ankle[J]. Foot Ankle Surgery, 2013, 19(2): 80-83. DOI: 10.1016/j.fas.2012.11.002.
- [8] Lajeunesse D, Reboul P. Subchondral bone in osteoarthritis: A biologic link with articular cartilage leading to abnormal remodeling[J]. Curr Opin Rheumatol, 2003, 15(5): 628-633. DOI: 10.1097/00002281-200309000-00018.
- [9] Paul J, Barg A, Kretschmar M, et al. Increased osseous <sup>99m</sup>Tc-DPD uptake in end-stage ankle osteoarthritis: Correlation between SPECT-CT imaging and histologic findings[J]. Foot Ankle Int, 2015, 36(12): 1438-1447.
- [10] Pagenstert GI, Barg A, Leumann AG, et al. SPECT-CT imaging in degenerative joint disease of the foot and ankle[J]. J Bone Joint Surg Br, 2009, 91(9): 1191-1196. DOI: 10.1302/0301-620X.91B9.22570.
- [11] Loomer R, Fisher C, Lloyd-Smith R, et al. Osteochondral lesions of the talus[J/OL]. Am J Sports Med, 1993, 21(1): 13-19[2018-03-11]. <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/036354659302100103>. DOI: 10.1177/036354659302100103.
- [12] Meftah M, Katchis SD, Scharf SC, et al. SPECT/CT in the

- management of osteochondral lesions of the talus[J]. *Foot Ankle Int*, 2011, 32(3): 233–238. DOI: 10.3113/FAI.2011.0233.
- [13] Leumann A, Valderrabano V, Plaass C, et al. A novel imaging method for osteochondral lesions of the talus—comparison of SPECT-CT with MRI[J]. *Am J Sports Med*, 2011, 39(5): 1095–1101. DOI: 10.1177/0363546510392709.
- [14] Mathis DT, Kaelin R, Rasch H, et al. Good clinical results but moderate osseointegration and defect filling of a cell-free multi-layered nano-composite scaffold for treatment of osteochondral lesions of the knee[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2018, 26(4): 1273–1280. DOI: 10.1007/s00167-017-4638-z.
- [15] Valderrabano V, Leumann A, Rasch H, et al. Knee-to-ankle mosaicplasty for the treatment of osteochondral lesions of the ankle joint[J]. *Am J Sports Med*, 2009, 37(1\_suppl): S105–111. DOI: 10.1177/0363546509351481.
- [16] Wiewiorski M, Pagenstert G, Rasch H, et al. Pain in osteochondral lesions[J]. *Foot Ankle Spec*, 2011, 4(2): 92–99. DOI: 10.1177/1938640010395749.
- [17] Gaeta M, Minutoli F, Scribano E, et al. CT and MR imaging findings in athletes with early tibial stress injuries: comparison with bone scintigraphy findings and emphasis on cortical abnormalities[J]. *Radiology*, 2005, 235(2): 553–561. DOI: 10.1148/adiol.2352040406.
- [18] Lee SH, Park HJ, Yeo ED, et al. Talocalcaneal coalition: A focus on radiographic findings and sites of bridging[J]. *Indian J Orthop*, 2016, 50(6): 661–668. DOI: 10.4103/0019-5413.193473.
- [19] Kumai T, Takakura Y, Akiyama K, et al. Histopathological study of nonosseous tarsal coalition[J]. *Foot Ankle Int*, 1998, 9(8): 525–531. DOI: 10.1177/107110079801900804.
- [20] Scharf S. SPECT/CT imaging in general orthopedic practice[J]. *Semin Nucl Med*, 2009, 39(5): 293–307. DOI: 10.1053/j.semnuclmed.2009.06.002.
- [21] Nwawka OK, Hayashi D, Diaz LE, et al. Sesamoids and accessory ossicles of the foot: anatomical variability and related pathology[J]. *Insights Imaging*, 2013, 4(5): 581–593. DOI: 10.1007/s13244-013-0277-1.
- [22] Sims AL, Kurup HV. Painful sesamoid of the great toe[J]. *World J Orthop*, 2014, 5(2): 146–150. DOI: dx.doi.org/10.5312/wjo.v5.i2.146.
- [23] Cohen BE. Hallux sesamoid disorders[J]. *Foot Ankle Clin*, 2009, 14(1): 91–104. DOI: 10.1016/j.fcl.2008.11.003.
- [24] Williams T, Cullen N, Goldberg A, et al. SPECT-CT imaging of obscure foot and ankle pain[J]. *Foot Ankle Surg*, 2012, 18(1): 30–33. DOI: 10.1016/j.fas.2011.01.009.
- [25] Sella EJ, Lawson JP, Ogden JA. The accessory navicular synchondrosis[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1986, 209: 280–285. DOI: 10.1097/00003086-198608000-00042.
- [26] Huang J, Servaes S, Zhuang H. Os trigonum syndrome on bone SPECT/CT[J]. *Clin Nucl Med*, 2014, 39(8): 752–754. DOI: 10.1097/RLU.0000000000000434.
- [27] Thompson JV, Saini SS, Reb CW, et al. Diagnosis and Management of Plantar Fasciitis[J]. *J Am Osteopath Assoc*, 2014, 114(12): 900–906. DOI: 10.7556/jaoa.2014.177.
- [28] Chicklore S, Gnanasegaran G, Vijayanathan S, et al. Potential role of multislice SPECT/CT in impingement syndrome and soft-tissue pathology of the ankle and foot[J]. *Nucl Med Commun*, 2013, 34(2): 130–139. DOI: 10.1097/MNM.0b013e32835c0964.
- [29] Ha S, Hong SH, Paeng JC, et al. Comparison of SPECT/CT and MRI in diagnosing symptomatic lesions in ankle and foot pain patients: Diagnostic performance and relation to lesion type[J/OL]. *PLoS One*, 2015, 10(2): e0117583[2018-03-11]. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0117583>. DOI: 10.1371/journal.pone.0117583.
- [30] Draghi F, Gitto S, Bortolotto C, et al. Imaging of plantar fascia disorders: findings on plain radiography, ultrasound and magnetic resonance imaging [J]. *Insights Imaging*, 2017, 8(1): 69–78. DOI: 10.1007/s13244-016-0533-2.
- [31] Sewell JR, Black CM, Chapman AH, et al. Quantitative scintigraphy in diagnosis and management of plantar fasciitis (calcaneal periostitis): Concise communication[J]. *J Nucl Med*, 1980, 21(7): 633–636.

(收稿日期: 2018-03-12)