

- resonance imaging for diagnosing malignant pulmonary nodules/masses: comparison with positron emission tomography. *J Thorac Oncol*, 2008, 3(4): 358-364.
- [ 2 ] Nomori H, Mori T, Ikeda K, et al. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging can be used in place of positron emission tomography for N staging of non-small cell lung cancer with fewer false-positive results. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2008, 135(4): 816-822.
- [ 3 ] Kim CK, Park BK, Choi JY, et al. Detection of recurrent ovarian cancer at MRI: comparison with integrated PET/CT. *J Comput Assist Tomogr*, 2007, 31(6): 868-875.
- [ 4 ] Kong G, Jackson C, Koh DM, et al. The use of  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT in colorectal liver metastases: comparison with CT and liver MRI. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2008, 35(7): 1323-1329.
- [ 5 ] Squillaci E, Manenti G, Mancino S, et al. Staging of colon cancer: whole-body MRI vs whole-body PET-CT: initial clinical experience. *Abdom Imaging*, 2008, 33(6): 676-688.
- [ 6 ] Schmidt GP, Baur-Melnyk A, Haug A, et al. Comprehensive imaging of tumor recurrence in breast cancer patients using whole-body MRI at 1.5 and 3T compared to FDG-PET-CT. *Eur J Radiol*, 2008, 65(1): 47-58.
- [ 7 ] Seiboth L, Van Nostrand D, Wartofsky L, et al. Utility of PET/neck MRI digital fusion images in the management of recurrent or persistent thyroid cancer. *Thyroid*, 2008, 18(2): 103-111.
- [ 8 ] Seemann MD, Meisetschlaeger G, Gaa J, et al. Assessment of the extent of metastases of gastrointestinal carcinoid tumors using whole-body PET, CT, MRI, PET/CT and PET/MRI. *Eur J Med Res*, 2006, 11(2): 58-65.
- [ 9 ] Yong TW, Yuan ZZ, Jun Z, et al. Sensitivity of PET/MR images in liver metastases from colorectal carcinoma. *Hell J Nucl Med*, 2011, 14(3): 264-268.
- [ 10 ] Boss A, Bisdas S, Kolb A, et al. Hybrid PET/MRI of intracranial masses: initial experiences and comparison to PET/CT. *J Nucl Med*, 2010, 51(8): 1198-1205.
- [ 11 ] Thorwarth D, Henke G, Muller AC, et al. Simultaneous  $^{68}\text{Ga}$ -DOTATOC-PET/MRI for IMRT treatment planning for meningioma: first experience. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2011, 81(1): 277-283.
- [ 12 ] Pichler BJ, Judenhofer MS, Wehr HF. PET/MRI hybrid imaging devices and initial results. *Eur Radiol*, 2008, 13(6): 1077-1086.

(收稿日期: 2011-07-27)

## 急性骨髓炎的影像学诊断研究进展

黄珍欢 鲜于志群 陈飞 陈璟

**【摘要】** 急性骨髓炎的影像学诊断技术包括 X 线平片、超声、CT、MRI 及放射性核素显像。早期 X 线平片的诊断灵敏度低。超声能早期发现深部软组织及骨膜下脓肿，但图像质量取决于操作者的熟练程度。CT 能早期观察到微小的骨质改变，但灵敏度较低。MRI 可优于其他检查显示髓腔内的病变，但对于死骨、钙化的诊断不如 CT 灵敏。放射性核素显像剂种类繁多，灵敏度和特异度各不相同。该文对急性骨髓炎的上述影像学诊断技术进行综述。

**【关键词】** 骨髓炎；放射摄影术；超声检查；体层摄影术，X 线计算机；磁共振成像；放射性核素显像

**Progress of imaging research on the early diagnosis of acute osteomyelitis** HUANG Zhen-huan, XIANYU Zhi-qun, CHEN Fei, CHEN Jing. Department of Nuclear Medicine, the Tongji Hospital of Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China  
Corresponding author: CHEN Jing (Email: lindaxcx@hotmail.com)

**【Abstract】** The imaging diagnostic techniques include X-ray plain film, ultrasound, CT, MRI and radionuclide imaging. X-ray plain film is less sensitive to early acute osteomyelitis. Ultrasound can detect abscesses in the soft tissues and subperiosteal space earlier, but there are variations in image quality based on the different operators' levels of proficiency. High-resolution CT can find minimal lesions on bone, but it has a low sensitivity to predict acute osteomyelitis. MRI is superior to other imaging techniques at visualizing bone marrow lesions, but it is less sensitive in detecting sequestrum and calcification than CT. A variety of

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2011.05.003

作者单位: 430030 武汉, 华中科技大学附属同济医院核医学科

通信作者: 陈璟 (Email: lindaxcx@hotmail.com)

radionuclide imaging agents have been used in the early diagnosis of acute osteomyelitis in order to find a more sensitive and specific imaging technique. In this paper, different imaging diagnostic techniques of acute osteomyelitis are reviewed.

**【Key words】** Osteomyelitis; Radiography; Ultrasonography; Tomography, X-ray computed; Magnetic resonance imaging; Radionuclide imaging

急性骨髓炎是由化脓性细菌经血行感染引起, 常见致病菌为金黄色葡萄球菌。该病若得到早期的诊治, 不仅可以降低其转为慢性骨髓炎的概率, 还可以预防败血症、骨骼发育异常等, 甚至可以减少患者的手术痛苦和治疗费用。本文对急性骨髓炎的影像学早期诊断研究进展综述如下。

### 1 X线平片

X线平片检查方便快捷, 费用低廉。Pineda等<sup>[1]</sup>认为, 因X线平片能提供可疑病灶的骨骼肌肉病变和解剖的概貌, 应作为临床可疑急性骨髓炎的首选影像学检查方法。由于X线平片在急性骨髓炎的早期仅见软组织的变化, 2周后才可能观察到骨质破坏和骨膜新生骨等骨质本身的变化, 故其不能早期诊断急性骨髓炎, 仅用于其鉴别诊断和治疗随访<sup>[2-4]</sup>。Malcius等<sup>[5]</sup>报道, 急性骨髓炎发病后第3日, X线平片诊断的灵敏度为16%, 特异度为96%, 发病后的第18日, X线平片诊断的灵敏度为82%, 特异度为92%。

### 2 CT

CT的密度分辨率较X线平片高, 因此, 急性骨髓炎的早期CT能更细致地观察软组织的肿胀, 也能早期发现病灶区骨膜下不同程度的低密度液化灶, 尤其是在显示骨质破坏和死骨方面, CT不仅优于X线平片, 甚至优于MRI和放射性核素显像。又因CT可以提供关于感染灶形态学上特异性的解剖定位信息, 故能精确地引导活组织细胞学穿刺检查和引导穿刺引流骨膜下脓肿<sup>[2-4, 6-8]</sup>。

但是, CT对受检者存在电离辐射损伤, 且费用较X线平片偏高。此外, 虽然CT观察髓内病变的灵敏度高于X线平片, 但仍不及MRI<sup>[9]</sup>。

### 3 超声检查

急性骨髓炎早期超声的特征包括: ①深部软组织的肿胀; ②骨膜不同程度增厚; ③骨膜抬高; ④

骨皮质破坏; ⑤彩色多普勒血流显像示骨质破坏, 周围软组织血流信号呈斑点状或树枝状分布<sup>[1, 3, 9-11]</sup>。Howard等<sup>[12]</sup>研究表明, 对于急性骨髓炎的诊断, 深部软组织肿胀是一个非常敏感及特异的表现, 它足以将急性骨髓炎与其他软组织感染进行区分。Benson<sup>[13]</sup>认为, 蜂窝组织炎仅表现为浅表软组织的炎性渗出, 不累及骨膜; 而急性骨髓炎因炎症往往累及骨膜, 常出现骨膜下积液, 通过液性暗区与骨皮质毗邻关系, 超声检查不难区分急性骨髓炎与蜂窝组织炎。

虽然超声检查具有无创、无辐射、无痛苦、无需镇静剂、不受金属制品的影响等优点, 且费用远远低于CT和MRI, 但是超声图像的质量主要取决于操作者的熟练程度, 而且获得的图像缺乏解剖结构的整体感<sup>[14]</sup>。

### 4 MRI

急性骨髓炎在MRI中的表现为: ①因炎症导致静脉充血、水肿、渗出及坏死, 引起骨髓水分增加, 故骨髓腔内广泛分布斑片状不均匀亮T2、暗T1水肿信号, 境界不清, 在短时反转恢复序列和T1加权像上显示较T2加权像更加敏感而直观; ②骨皮质周围软组织见弥漫性分布的亮T2、暗T1异常信号, 在矢状、冠状面呈半梭形, 横轴面呈环形或“C”形; ③骨皮质多显示完整, 若出现骨质破坏则T1加权像呈低或中等信号<sup>[2, 4, 14-16]</sup>; ④若脓肿形成, 则增强扫描可见脓肿壁呈环形强化。Averill等<sup>[17]</sup>报道, 应用常规MRI与对比增强MRI在骨髓炎诊断中的灵敏度(80% vs. 83%)和特异度(84% vs. 79%)的差异无统计学意义; 对于骨髓炎并发症(如脓肿、骨髓感染灶和化脓性关节炎), 常规MRI与对比增强MRI的诊断置信度存在显著性差异, 其中以脓肿灶的诊断置信度差异最显著, 故强调常规MRI扫描可疑脓肿者, 建议用对比增强MRI以明确诊断; ⑤MRI可以显示软骨受侵的概貌<sup>[18]</sup>。

MRI对软组织的分辨率高, 采用多参数成像、特殊检查序列和顺磁性造影检查, 可优于其他检查

显示髓腔内的病变,故MRI诊断早期急性骨髓炎具有较高的灵敏度和准确率<sup>[2,14,19-21]</sup>。Riise等<sup>[22]</sup>报道,MRI诊断急性骨髓炎的灵敏度为100%、特异度为93%、阳性预测值为85%、阴性预测值为100%。Unger等<sup>[23]</sup>报道,MRI和骨扫描诊断骨髓炎的灵敏度、特异度和准确率存在显著性差异,分别为92%和82%、96%和65%、94%和71%,故对临床可疑急性骨髓炎骨扫描结果阳性者追加MRI可提高诊断的特异度和准确率。Bonhoeffer等<sup>[24]</sup>对急性血源性骨髓炎的患儿应用不同显像技术观察显示,39例行X线平片检查,23例(59%)阳性;55例行超声检查,31例(56%)阳性;44例行<sup>99m</sup>Tc-亚甲基二膦酸盐(<sup>99m</sup>Tc-methylene diphosphonate, <sup>99m</sup>Tc-MDP)三相骨扫描,39例(89%)阳性;4例行MRI,4例(100%)阳性,故认为对于临床可疑急性血源性骨髓炎,早期诊断应首选MRI或骨扫描。

但是,MRI对小的死骨和钙化的显示不如CT灵敏;MRI检查前应明确具体的部位,大范围的扫描耗时较长;对于关节置换术合并急性骨髓炎患者,因有金属器械植入,故不适于MRI检查<sup>[1-2,4]</sup>。Connolly等<sup>[25]</sup>认为,对难以明确诊断的骨盆及脊柱等结构较复杂部位,或者是骨扫描发现长骨急性骨髓炎、行抗生素治疗超过2d而临床症状和体征仍未改善时,可追加MRI以提高诊断的阳性率,从而优化诊治方案。但由于MRI的价格昂贵,通常不作为常规检查。Connolly等<sup>[26]</sup>认为,MRI虽然避免了骨扫描给患者带来的电离辐射,却不能一次显像了解全身骨骼信息,对于临床局部体征不明显或多发灶的急性骨髓炎,MRI可能会遗漏病灶信息。

## 5 核医学显像

### 5.1 <sup>99m</sup>Tc-MDP三相骨扫描

<sup>99m</sup>Tc-MDP三相骨扫描是指血流相、血池相和延迟相扫描,其原理是<sup>99m</sup>Tc-MDP与骨骼组织中羟基磷灰石晶体通过离子交换或化学吸附作用而分布于骨骼组织,反映局部血流量和骨盐代谢水平。<sup>99m</sup>Tc-MDP三相骨扫描在成骨过程活跃的部位形成放射性浓聚的“热区”,而在血流量减少和(或)成骨活性低的部位表现为放射性稀疏缺损的“冷区”。

Tuson等<sup>[27]</sup>报道,<sup>99m</sup>Tc-MDP三相骨扫描诊断急性骨髓炎的灵敏度为92%、特异度为40%、准确率为81%、阴性预测值为63%、诊断“冷区”和

“热区”的阳性预测值分别为100%和82%。Seldin等<sup>[28]</sup>研究表明,三相骨扫描中若血流相、血池相和延迟相均为放射性浓聚,则可诊断为急性骨髓炎;若血流相、血池相为放射性浓聚,而延迟相放射性浓聚不明显,则可诊断为软组织炎症;三相骨扫描诊断急性骨髓炎的灵敏度和特异度分别为94%和79%。根据急性骨髓炎对<sup>99m</sup>Tc-MDP的摄取可持续24h以上的特点,Alazraki等<sup>[29]</sup>在三相骨扫描的基础上加做24h扫描(又称为四相骨扫描),若24h延迟相病灶区仍呈放射性浓聚,则诊断为急性骨髓炎,反之则诊断为软组织感染,结果:四相骨扫描和三相骨扫描诊断急性骨髓炎的灵敏度、特异度、准确率分别为80%和100%、87%和73%、85%和80%。由于区分急性骨髓炎与软组织感染时四相骨扫描优于三相骨扫描,故建议合并有软组织感染的急性骨髓炎患者行四相骨扫描。

但是,<sup>99m</sup>Tc-MDP骨扫描不能清晰地显示解剖关系,缺乏特异性,且存在一定的假阳性率和假阴性率。同时,临床医生应高度警惕三相骨扫描呈“冷区”的急性骨髓炎,其多出现在疾病的早期,常常意味着病情更加严重(往往存在骨膜下脓肿),预后较差。

### 5.2 <sup>67</sup>Ga显像

<sup>67</sup>Ga显像的原理大致可归结为:①<sup>67</sup>Ga被多核粒细胞摄取后,与其内的乳铁蛋白结合,并随多核粒细胞迁移到炎症部位;②<sup>67</sup>Ga被炎症部位的细菌摄取,生成铁蛋白-<sup>67</sup>Ga复合物而滞留于病灶区;③<sup>67</sup>Ga也可以以离子形式或与转铁蛋白结合形式漏出血管而进入病灶区。

<sup>67</sup>Ga显像诊断急性骨髓炎的特异度较三相骨扫描高,一些学者认为,临床可疑急性骨髓炎三相骨扫描阴性时,再应用<sup>67</sup>Ga显像,可以提高诊断的准确性<sup>[30]</sup>。<sup>67</sup>Ga的半衰期较长,为78h,可以在一定时期内重复扫描而提高阳性检出率。

但是,<sup>67</sup>Ga显像存在以下缺点:①辐射剂量较高;②24h后方可显像,对于可疑部位还需加做48h的局部显像;③<sup>67</sup>Ga显像的费用较三相骨扫描高;④因肠道放射性干扰而出现假阳性;⑤获得的图像质量较三相骨扫描差。

### 5.3 <sup>111</sup>In-白细胞显像

<sup>111</sup>In-白细胞显像的原理是白细胞的炎症趋向作用。Schauwecker等<sup>[31]</sup>报道,<sup>111</sup>In-白细胞与<sup>111</sup>In标

记的中性粒细胞对急性骨髓炎诊断的灵敏度及在延迟显像上的相对蓄积量差异无统计学意义,并且白细胞的分离较中性粒细胞容易。因此, $^{111}\text{In}$ -白细胞对急性骨髓炎的诊断被广泛认可。McDougall等<sup>[32]</sup>认为,急性骨髓炎患者白细胞普遍升高,因而分离白细胞并不困难, $^{111}\text{In}$ 标记率为75%~95%,并且未改变其原有的生物学活性,即可对炎症病灶特异性定位。他们对33例临床存在可疑脓肿灶的患者进行 $^{111}\text{In}$ -白细胞显像,结果:12例为放射性浓聚(其中11例最终明确脓肿存在),21例未见异常放射性分布(其中3例最终明确脓肿存在);又对4例临床可疑急性骨髓炎的患者进行 $^{111}\text{In}$ -白细胞显像,结果:4例均为放射性浓聚,且全部诊断为急性骨髓炎。Raptopoulos等<sup>[33]</sup>应用 $^{111}\text{In}$ -白细胞和 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -MDP显像连续观察18只兔子急性骨髓炎模型,结果:第1周 $^{111}\text{In}$ -白细胞和 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -MDP显像的灵敏度分别为83%和22%;第2周后 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -MDP显像阳性的动物比例才逐渐增加。研究表明, $^{111}\text{In}$ -白细胞对临床可疑急性骨髓炎的早期诊断较 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -MDP三相骨扫描更灵敏。

但是, $^{111}\text{In}$ -白细胞显像仍存在以下缺点:①需抽取静脉血40~60 ml,因抽血量较大,对年龄较小的患儿不适用;②24 h后才可显像,必要时需加做48 h显像才可以使显像剂明显浓聚于炎症区,故等待显像的时间较长;③ $^{111}\text{In}$ 对脾脏的辐射剂量较 $^{67}\text{Ga}$ 高;④ $^{111}\text{In}$ -白细胞中20%为淋巴细胞,它与中性粒细胞的运动趋向不同,因而影响对结果的判断<sup>[33-34]</sup>;⑤因局部骨髓造血活性增高,往往存在假阳性。

#### 5.4 $^{18}\text{F}$ -FDG PET

病灶区内的多核粒细胞用葡萄糖作为能量来源而导致病灶摄取 $^{18}\text{F}$ -FDG增加。Grymes等<sup>[35]</sup>报道, $^{18}\text{F}$ -FDG PET诊断感染灶的优点在于:①可以融合高分辨率CT,提高空间分辨率;②因 $^{18}\text{F}$ -FDG分子质量小,能快速扩散至病灶区,缩短扫描时间;③骨与骨髓的放射性摄取低,可减少身体辐射损伤;④可鉴别骨质感染与骨质修复。Stumpe和Strobel<sup>[36]</sup>认为, $^{18}\text{F}$ -FDG PET能区分骨质感染与骨质修复的原因可能是后者以成纤维细胞为主,其对 $^{18}\text{F}$ -FDG不摄取,故该病灶区无法表现为“热区”。Koort等<sup>[37]</sup>通过对兔胫骨骨髓炎模型的研究发现, $^{18}\text{F}$ -FDG在对照组(骨质修复组)可出现暂时性(持

续3周)“热区”,第6周“热区”消失;而在实验组(急性骨髓炎组)表现为持续性“热区”,且急性骨髓炎发病的第3周, $^{18}\text{F}$ -FDG PET诊断的特异度较高。

#### 5.5 其他核素显像

放射性核素炎症显像的进展与炎症显像剂的发展密切相关。近年来不断研制出新的炎症显像剂,使炎症显像逐步朝着更快速、更特异的诊断方向发展。如:①1 h显像且影像质量较好的核素标记抗粒细胞单克隆抗体片段;②较三相骨扫描灵敏度更高且图像质量更优的 $^{111}\text{In}$ -脂质体<sup>[38]</sup>;③制备容易、显像时间缩短且辐射剂量较低的 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -纳米胶体<sup>[39]</sup>;④相对蓄积量较 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -MDP、 $^{67}\text{Ga}$ 和 $^{111}\text{In}$ 标记的中性粒细胞更高,而且制备容易、图像质量高、等待显像时间短(2~4 h)的 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -白细胞介素8<sup>[40]</sup>;⑤不仅能用于细菌感染病灶的鉴别诊断,而且能直接反映抗生素疗效的 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -环丙沙星<sup>[41]</sup>。

## 6 结语

总之,影像学诊断技术对急性骨髓炎的早期诊断有重要意义。其中,形态学成像技术包括X线平片、CT、超声检查和MRI,它们仅仅能提供病灶的局部解剖定位信息;而放射性核素显像兼有功能和形态学成像技术的特点,可同时提供全身的解剖信息。临床医生应了解不同影像学诊断技术所具有的特性,合理选择,以提高急性骨髓炎的早期诊断效能。

## 参 考 文 献

- [1] Pineda C, Espinosa R, Pena A. Radiographic imaging in osteomyelitis: the role of plain radiography, computed tomography, ultrasonography, magnetic resonance imaging, and scintigraphy. *Semin Plast Surg*, 2009, 23(2): 80-89.
- [2] 徐璐杰,张德文. 儿童急性骨髓炎的早期影像学检查. *临床小儿外科杂志*, 2006, 5(3): 231-233.
- [3] 高岩,翁磊,袁珍,等. 小儿急性骨髓炎超声诊断和X-线、CT对照分析. *中国超声医学杂志*, 2005, 21(9): 709-711.
- [4] 白荣杰,程晓光,顾翔,等. 不典型骨髓炎的X线、CT和MR影像比较分析. *中国临床医学影像杂志*, 2008, 19(7): 488-492.
- [5] Malcius D, Jonkus M, Kuprionis G, et al. The accuracy of different imaging techniques in diagnosis of acute hematogenous osteomyelitis. *Medicina (Kaunas)*, 2009, 45(8): 624-631.
- [6] 邱国华,梁飞虎,李耀平,等. CT诊断急性骨髓炎的价值. *现代医院*, 2005, 5(10): 20-21.
- [7] Fayad LM, Carrino JA, Fishman EK. Musculoskeletal infection: role of CT in the emergency department. *Radiographics*, 2007, 27(6):

- 1723-1736.
- [ 8 ] Schlesinger AE, Hernandez RJ. Diseases of the musculoskeletal system in children: imaging with CT, sonography, and MR. *AJR Am J Roentgenol*, 1992, 158(4): 729-741.
- [ 9 ] 王益民, 李峥, 刘利君. B超早期诊断小儿急性骨髓炎. *山西医药杂志*, 2002, 31(1): 48-49.
- [ 10 ] 高岩, 袁珍. 超声检查及彩色多普勒血流显像技术对小儿急性骨髓炎的诊断价值. *中国超声医学杂志*, 1998, 14(5): 23-24.
- [ 11 ] Mah ET, Le Quesne GW, Gent RJ, et al. Ultrasonic features of a acute osteomyelitis in children. *J Bone Joint Surg Br*, 1994, 76(6): 969-974.
- [ 12 ] Howard CB, Einhorn M, Dagan R, et al. Ultrasound in diagnosis and management of acute haematogenous osteomyelitis in children. *J Bone Joint Surg Br*, 1993, 75(1): 79-82.
- [ 13 ] Benson CB. Sonography of the musculoskeletal system. *Rheum Dis Clin North Am*, 1991, 17(3): 487-504.
- [ 14 ] 龚光文. MRI 诊断急性化脓性骨髓炎的探讨. *现代医用影像学*, 2008, 17(2): 65-67.
- [ 15 ] 何涌, 钟鸣. MRI 诊断平片阴性的急性骨髓炎. *华夏医学*, 2008, 21(3): 511-512.
- [ 16 ] 蒋海清, 钟俊远. MRI 在急性骨髓炎早期诊断中的临床应用. *中国临床医生*, 2007, 35(4): 66-67.
- [ 17 ] Averill LW, Hernandez A, Gonzalez L, et al. Diagnosis of osteomyelitis in children: utility of fat-suppressed contrast-enhanced MRI. *AJR Am J Roentgenol*, 2009, 192(5): 1232-1238.
- [ 18 ] Wardak E, Gill S, Wardak M, et al. Role of MRI in detecting early physal changes due to acute osteoarticular infection around the knee joint: a pilot study. *Int Orthop*, 2009, 33(6): 1707-1711.
- [ 19 ] 明江华, 陈喜兰, 张弩, 等. MRI 对儿童急性化脓性骨髓炎的早期诊断和治疗的指导价值. *实用放射学杂志*, 2004, 20(6): 525-527.
- [ 20 ] 陈喜兰, 江桂华, 田军章, 等. 急性化脓性骨髓炎的 MRI 表现. *中华放射学杂志*, 2001, 35(7): 533-535.
- [ 21 ] McAndrew PT, Clark C. MRI is best technique for imaging acute osteomyelitis. *BMJ*, 1998, 316(7125): 147.
- [ 22 ] Riise OR, Kirkhus E, Handeland KS, et al. Childhood osteomyelitis-incidence and differentiation from other acute onset musculoskeletal features in a population-based study. *BMC Pediatr*, 2008, 8(1): 45.
- [ 23 ] Unger E, Moldofsky P, Gatenby R, et al. Diagnosis of osteomyelitis by MR imaging. *AJR Am J Roentgenol*, 1988, 150(3): 605-610.
- [ 24 ] Bonhoeffer J, Haerberle B, Schaad UB, et al. Diagnosis of acute haematogenous osteomyelitis and septic arthritis: 20 years experience at the University Children's Hospital Basel. *Swiss Med Wkly*, 2001, 131(39-40): 575-581.
- [ 25 ] Connolly LP, Connolly SA, Drubach LA, et al. Acute hematogenous osteomyelitis of children: assessment of skeletal scintigraphy-based diagnosis in the era of MRI. *J Nucl Med*, 2002, 43(10): 1310-1316.
- [ 26 ] Connolly SA, Connolly LP, Drubach LA, et al. MRI for detection of abscess in acute osteomyelitis of the pelvis in children. *AJR Am J Roentgenol*, 2007, 189(4): 867-872.
- [ 27 ] Tuson CE, Hoffman EB, Mann MD. Isotope bone scanning for acute osteomyelitis and septic arthritis in children. *J Bone Joint Surg Br*, 1994, 76(2): 306-310.
- [ 28 ] Seldin DW, Heiken JP, Feldman F, et al. Effect of soft-tissue pathology on detection of pedal osteomyelitis in diabetics. *J Nucl Med*, 1985, 26(9): 988-993.
- [ 29 ] Alazraki N, Dries D, Datz F, et al. Value of a 24-hour image (four-phase bone scan) in assessing osteomyelitis in patients with peripheral vascular disease. *J Nucl Med*, 1985, 26(7): 711-717.
- [ 30 ] Teates CD, Williamson BR. "Hot and cold" bone lesion in acute osteomyelitis. *AJR Am J Roentgenol*, 1977, 129(3): 517-518.
- [ 31 ] Schauwecker DS, Burt RW, Park HM, et al. Comparison of purified indium-111 granulocytes and indium-111 mixed leukocytes for imaging of infections. *J Nucl Med*, 1988, 29(1): 23-25.
- [ 32 ] McDougall IR, Baumert JE, Lantieri RL. Evaluation of <sup>111</sup>In leukocyte whole body scanning. *AJR Am J Roentgenol*, 1979, 133(5): 849-854.
- [ 33 ] Raptopoulos V, Doherty PW, Goss TP, et al. Acute osteomyelitis: advantage of white cell scans in early detection. *AJR Am J Roentgenol*, 1982, 139(6): 1077-1082.
- [ 34 ] 彭阿钦, 潘进社, 吴希瑞, 等. 应用骨扫描早期诊断儿童急性骨髓炎新进展. *中国矫形外科杂志*, 1997, 4(6): 512-513.
- [ 35 ] Crymes WB Jr, Demos H, Gordon L. Detection of musculoskeletal infection with <sup>18</sup>F-FDG PET: review of the current literature. *J Nucl Med Technol*, 2004, 32(1): 12-15.
- [ 36 ] Stumpe KD, Strobel K. <sup>18</sup>F FDG-PET imaging in musculoskeletal infection. *Q J Nucl Med Mol Imaging*, 2006, 50(2): 131-142.
- [ 37 ] Koort JK, Mäkinen TJ, Knuuti J, et al. Comparative <sup>18</sup>F-FDG PET of experimental *Staphylococcus aureus* osteomyelitis and normal bone healing. *J Nucl Med*, 2004, 45(8): 1406-1411.
- [ 38 ] Awasthi V, Goins B, Klipper R, et al. Imaging experimental osteomyelitis using radiolabeled liposomes. *J Nucl Med*, 1998, 39(6): 1089-1094.
- [ 39 ] Flivik G, Sloth M, Rydholm U, et al. Technetium-99m-nanocolloid scintigraphy in orthopedic infections: a comparison with indium-111-labeled leukocytes. *J Nucl Med*, 1993, 34(10): 1646-1650.
- [ 40 ] Gratz S, Rennen HJ, Boerman OC, et al. <sup>99m</sup>Tc-interleukin-8 for imaging acute osteomyelitis. *J Nucl Med*, 2001, 42(8): 1257-1264.
- [ 41 ] Singh B, Mittal BR, Bhattacharya A, et al. Technetium-99m ciprofloxacin imaging in the diagnosis of postsurgical bony infection and evaluation of the response to antibiotic therapy: A case report. *J Orthop Surg (Hong Kong)*, 2005, 13(2): 190-194.

(收稿日期: 2011-06-13)