

SPECT/CT 骨三相显像在关节置换术后假体松动与感染诊断中的应用

邓咏梅, 张金山, 李 园, 袁文金

(广州医科大学附属第三医院核医学科, 广东 广州 510150)

[摘要] 目的:探讨 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP 血流、血池及延迟的 SPECT/CT 融合显像在骨关节置换术后关节感染与无菌性假体松动诊断中的应用价值。方法:回顾性分析 14 例关节置换术后出现关节疼痛的患者资料,所有患者均行 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP 血流、血池及延迟的 SPECT/CT 融合显像,采用视觉分析法,并与细菌培养、C 反应蛋白、血细胞沉降率及术后病理等对照。结果:与最终临床诊断比较,以单纯延迟的 SPECT/CT 融合显像骨-假体弥漫性放射性浓聚诊断为关节感染,其灵敏度、特异度及准确率分别为 80%、77.78%、78.6%;如以血流或血池相任意阳性结合延迟的 SPECT/CT 融合显像阳性诊断关节感染,其灵敏度、特异度及准确率分别为 100%、88.89%、92.9%。结论:延迟的 SPECT/CT 融合显像可以对假体松动和感染的具体部位进行精准定位, $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP 血流、血池结合延迟的 SPECT/CT 融合显像,在关节置换术后假体松动和感染的鉴别诊断中,有较高的临床应用价值。

[关键词] 关节成形术,置换,髌;体层摄影术,发射型计算机,单光子;体层摄影术,螺旋计算机

[中图分类号] R687.4;R814.42;R817.4

[文献标识码] A

[文章编号] 1008-1062(2015)01-0044-03

SPECT/CT triphase bone imaging for the differential diagnosis of prosthesis loosening and joint infection after arthroplasty

DENG Yong-mei, ZHANG Jin-shan, LI Yuan, YUAN Wen-jin

(Department of Nuclear Medicine, the Third Hospital of Guangzhou Medical University, Guangzhou 510150, China)

Abstract: Objective: To investigate the value of $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP triple phase bone imaging for the differential diagnosis of prosthesis loosening and joint infection after arthroplasty. **Methods:** 14 patients with joint pain after joint arthroplasty underwent triphase SPECT/CT bone imaging. By visual analysis, the bone imaging results were validated with the findings of germi-culture, serum C reactive protein (CRP), erythrocyte sedimentation rate (ESR) and biopsy. **Results:** The final clinical diagnosis was taken as gold standard. If diffuse radioactivity in the bone and prosthesis simply by delayed phase was considered joint infection, the diagnostic sensitivity, specificity and accuracy were 80%, 77.78% and 78.6%, respectively. When increased up-take of isotopes in the blood flow or pool phase as well as positive findings in the delayed phase as the criterion of joint infection, the diagnostic sensitivity, specificity and accuracy were 100%, 88.89% and 92.9%, respectively. **Conclusion:** Delayed SPECT/CT hybrid imaging may precisely indicate the position of prosthesis loosening and joint infection. By combination of $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP blood flow and pool imaging, it showed higher clinical value in differentiating joint infection from prosthesis loosening after arthroplasty.

Key words: Arthroplasty, replacement, hip; Tomography, emission-computed, single-photon; Tomography, spiral computed

人工关节置换术已广泛和成熟地用于对因创伤、疾病等造成严重的关节功能丧失患者的关节进行修复,解除疼痛、畸形和功能障碍,以重建一个功能接近正常的关节,假体松动和感染是人工关节置换术失败的重要因素之一,两者在临床上均表现为关节疼痛和活动障碍,但后续治疗方式却明显不同^[1],假体周围感染可以说是一个灾难性的并发症。治疗主要采用长期抗生素治疗,必要时进行手术引流;假体松动可进行人工关节翻修手术。因此,两者的鉴别非常重要。本文回顾性分析关节置换术后出现关节疼痛且行 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP 血流-血池及延迟的

SPECT/CT 融合显像的患者资料,以评价 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP SPECT/CT 三相显像的临床价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象

回顾性分析 2011 年 5 月—2014 年 6 月间 14 例关节置换术后出现关节疼痛、临床已诊断为无菌性假体松动或假体周围感染的患者资料,男 5 例,女 9 例,年龄 54~82 岁,平均 68 岁,其中 3 例为全膝置换术后,7 例为全髌置换术后,4 例为股骨头置换术后。患者术后时间 2~8 年,术后出现疼痛的时间为

[收稿日期] 2014-07-30;**[修回日期]** 2014-08-31

[作者简介] 邓咏梅(1972-),女,湖南湘潭人,副主任医师。

2~36 月。

1.2 实验室检查

所有患者显像前 1 周内均测定血清 C 反应蛋白、红细胞沉降率;显像后进行关节穿刺液细菌学培养或针吸活体组织细菌培养。

1.3 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP 三时相显像

使用美国 GE 公司生产的 Infinia VC-Hawkeye 4 SPECT/CT 显像仪,配低能高分辨准直器,能峰 140 keV,能窗 20%, $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP 由广州原子高科同位素医药有限公司提供,放化纯度>95%。静脉注射 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP 740 MBq,注射后即刻行血流显像,矩阵 128×128,2 s/帧,共 30 帧;于注射后 5 min 行血池显像,10 s/帧,共 30 帧;4~6 h 后对假体置换区行 SPECT/CT 骨融合显像,先进行 SPECT 采集,矩阵 128×128,放大倍数 1,旋转角度 180°,60/帧,采集时间 20~30 s/帧,随后行 CT 扫描,层厚 1.5 mm,层距 0.9 mm,螺距 1,扫描完成后 SPECT-CT 图像采用 GE 随机图像融合软件进行图像的配准、融合。

1.4 影像诊断标准

$^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP 骨三时相显像图像由 2 位以上核医学科医师以视觉判断的方式共同阅片,诊断疼痛关节存在感染的影像参考标准为:血流相和/或血池相(血流-血池相)示假体周围软组织出现异常放射性浓聚^[2],伴或不伴有延迟相的影像表现;SPECT 断层显像示骨-假体弥漫性放射性过度摄取,并可见周围软组织内摄取放射性;诊断关节松动的影像参考标准为:血流-血池相正常(与健侧对比,局部血流和血池相放射性不增高),延迟相 SPECT 显像示假体两端或远端骨组织局限性放射性增高,定位 CT 放射性摄取增高部位见骨高密度增生影,假体与临近骨间可有间隙缝;骨三时相显像正常的参考标准为:血流-血池相正常,SPECT 显像示骨-假体界面无放

射性摄取或仅假体周围局部见低放射性摄取,定位 CT 阴性。

1.5 临床诊断标准

诊断感染由临床综合判断,主要依据为:关节腔穿刺液或针吸活体组织细菌培养阳性;关节周围见脓性分泌物经窦道流出;术中见关节腔内存在脓性积液;术中冰冻病理及术后病理结果中性粒细胞数>5 个/高倍镜视野^[3],若患者在 6 月以上随访中无上述阳性发现,则认为关节疼痛由无菌性松动所致。

1.6 统计学分析

采用 *t* 检验比较组间数据,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

14 例患者中 5 例被临床诊断为关节假体感染,感染关节 5 个(临床见脓性分泌物经窦道流出 1 个;关节腔抽吸液或活组织检查细菌培养阳性 3 个;组织病理切片证实急性炎症反应 1 个),余 9 例诊断为单纯性假体松动(无菌性松动组),不合并感染。SPECT/CT 三时相显像中不同影像判定标准对关节感染的诊断结果见表 1,血流-血池相中假阳性 1 例,经 X-CT 证实其软组织内的放射性浓聚为无菌性炎症反应时,假体临界骨骼的早期摄取所致。

假体感染组中,4 例 C 反应蛋白及血沉明显增高;无菌性松动组中,5 例 C 反应蛋白及血沉增高。感染性松动组中,C 反应蛋白的平均值为 $(4.3\pm 3.5)\text{g/L}$,无菌性松动组 C 反应蛋白的平均值为 $(1.2\pm 0.97)\text{g/L}$,两组间差异无统计学意义($t=1.07, P>0.05$);感染性松动组中血沉的平均值为 $(45.3\pm 28.1)\text{mm/h}$,无菌性松动组中血沉的平均值为 $(17.22\pm 15.19)\text{mm/h}$,两组间差异无统计学意义($t=0.09, P>0.05$)。

表 1 不同影像判定标准对关节置换术后关节感染的诊断效能

检查方法	真阳性(个)	假阳性(个)	真阴性(个)	假阴性(个)	灵敏度(%)	特异性(%)	准确性(%)
血流-血池相	5	1	8	0	100(5/5)	88.89(8/9)	92.9(13/14)
延迟弥漫浓聚	4	2	7	1	80(4/5)	77.78(7/9)	78.6(11/14)

3 讨论

假体松动是关节置换术后最常见的并发症,分为无菌性松动和假体关节感染二种。感染与松动二者无论是在组织学上还是在临床表现上都非常相似,鉴别非常困难。临床上诊断假体松动主要依据临床症状及 X 线片上假体周围出现的透亮带进行。由于假体松动的早期尚未形成假体周围骨骼结构异常或假体周围较细小的透亮带被遮挡等,常影响 X 线或 CT 诊断。另外关节假体多为金属材料,CT 或

MRI 会出现伪影,影响对假体松动的判断。而对于判断有无假体感染发生,关节腔抽吸液检查被认为最具诊断价值,但其有创且可能造成感染扩散,临床难以普遍开展^[6];血清 C 反应蛋白和红细胞沉降率测定可作为炎症反应指标,简单易行,但缺乏特异性^[4]。核素骨显像被认为是关节置换术后感染和假体松动鉴别诊断的金标准^[7],有较高的临床价值,尽管传统的 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP 骨三时相显像(血流-血池+延迟静态显像)灵敏度高,但分辨率低,无法准确判断放射性核素浓聚的精确位置,表现不典型时难以明确

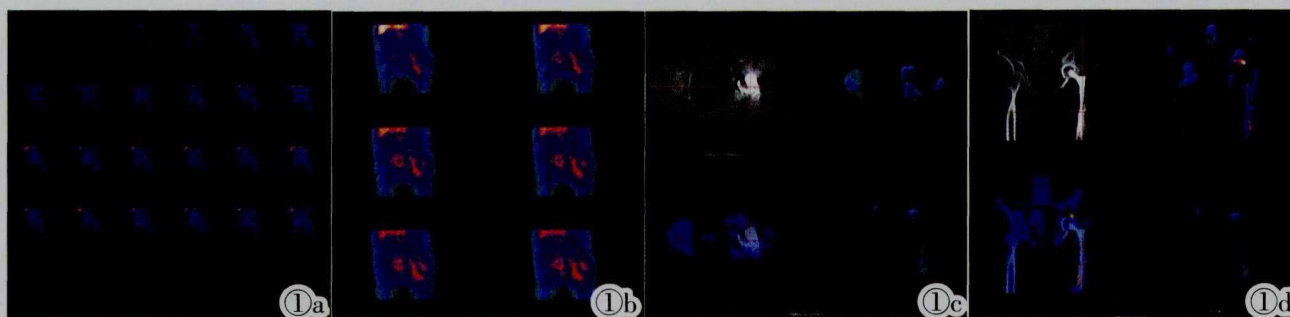


图 1 女, 60 岁, 左髋人工关节置换术后 3 年假体周围感染。图 1a: 患者骨血流显像图, 随着时间的延长, 骨血流显像左髋部位放射性逐渐增浓, 正常右侧髋部未见放射性积聚。图 1b: 该患者骨血池显像图, 可见左髋关节假体部位放射性缺损, 但假体周围被浓聚的放射性包围, 右髋关节未见异常。图 1c, 1d: 该患者延迟的 SPECT/CT 骨显像图的横断面、冠状面和融合图, 横断面图中可见假体中间放射性缺损, 但周围骨组织放射性浓聚, 融合图中可见放射性已分布在骨周围和软组织内。

Figure 1. Female, 60 years old, 3 years after left hip arthroplasty, peri-prosthetic infection occurred. Figure 1a: bone blood-flow imaging, increased uptake around left hip over time, but negative in the normal right hip. Figure 1b: bone blood-pool imaging, there was blank radioactivity in the prosthesis but peri-prosthetic activity in the left hip arthroplasty, and no abnormal radioactivity in right hip. Figure 1c, 1d: Axial, coronal and hybrid images on delayed SPECT/CT imaging. There was defect of radioactivity in the middle of prosthesis on axial images, but uptake of radioactivity in surrounding bone tissue. The hybrid images showed radioactivity in surrounding bone and soft tissue.

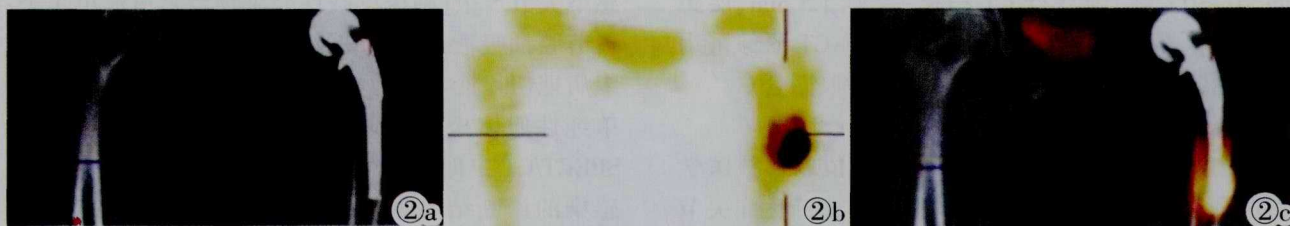


图 2 女, 73 岁, 左髋关节全髋关节置换术后左髋部疼痛 3 月。图 2a: 定位 CT 冠状位图像, 显示左侧关节假体对位良好, 假体周缘未见明显骨质破坏及明显透亮带形成, 未见明显假体松动迹象。图 2b: SPECT 图像, 显示假体柄中远端放射性核素异常浓聚, 但不能精确显示放射性核素异常浓聚区与假体柄的解剖关系。图 2c: SPECT/CT 融合图像, 显示左股骨柄远端承重区可见局灶性放射性核素异常浓聚, 提示假体柄远端无菌性松动。

Figure 2. Female, 73 years old, left hip pain for 3 months after left hip replacement. Figure 2a: From coronal section of localization CT, the position of the left prosthesis was good, no bone destruction or linear translucency in peri-prosthesis, or obvious indication of prosthesis loosening was shown; Figure 2b: SPECT imaging showed abnormal radioactivity in the far-end of prosthesis stem, but their detailed anatomic relationship was unclear; Figure 2c: SPECT/CT hybrid imaging showed abnormal local uptake of radioactivity in the load bearing region of left distal femoral stem, which was an indication of aseptic loosening of prosthesis.

病变的准确位置, 因此, 尚有进一步研究的余地。

SPECT/CT 图像融合技术把 SPECT 的高敏感性和 CT 的高分辨率有机地结合起来, 实现了功能、代谢显像与解剖图像的对位和融合, 从而能够对关节假体松动的位置进行精准的定位, 达到早期诊断的目的, 使以前 SPECT 显像所显示的病灶不能正确地解剖定位得到彻底改变, 一次检查既可得到核医学诊断信息, 又可得到 X-CT 信息, 所以诊断的正确性得到飞跃提高。我们通过对假体无菌性松动和假体感染患者的 SPECT/CT 融合图像比较, 发现两者之间存在一定的差别。假体无菌性松动患者的 SPECT/CT 融合图像上的放射性核素浓聚区主要在关节假体的承重区, 如髌臼外前缘、股骨柄远端等部位, 而其他部位放射性核素浓聚较非承重区明显变淡甚至不浓聚, 放射性核素浓聚程度和关节假体承重区承重度呈正相关。

而感染性松动患者的延迟 SPECT 显像示骨-假

体弥漫性放射性过度摄取, 并可见周围软组织内摄取放射性, 定位 CT 示假体周围骨骨质内密度不均匀, 可见低密度影, 甚至可见骨皮质不连续、骨坏死征象。

本研究采用血流、血池及延迟的 SPECT/CT 融合显像来鉴别假体无菌性松动和假体感染, 其中血流-血池相对关节置换术后感染诊断的灵敏度和特异性均高于单纯 SPECT 显像, 1 例血流-血池相阳性, 而延迟的 SPECT 却阴性, 可能是关节感染引发假体周围的滑膜或肌腱等软组织炎性反应, 并未累及骨骼, 导致局部血流灌注增加, 而这种改变只有在血流或血池相中才能观察到; 另外, 尽管关节感染累及假体周围骨骼时可导致延迟显像中的异常骨浓聚, 但在尚未累及骨骼时延迟相中并无阳性发现, 所以诊断关节感染单纯使用延迟相并不可靠^[9]。假体松动时, 假体与骨骼界面的无菌性炎性反应导致的局部骨血运、代谢改变通常仅反应在延迟(下转 65 页)

累及脊柱外骨骼^[8]。但本研究中误诊为骨转移瘤的 3 例结核患者均同时累及脊柱外骨骼,比如肋骨、髂骨和四肢长骨。国外也有文献报道脊柱结核同时累及骨外骨骼的病例,以肋骨多见,并且多呈“条带状”^[9]。原发性甲状旁腺功能亢进症的核素骨显像可分为 4 型:Ⅰ型为骨显像阴性;Ⅱ型为骨显像局灶性显像剂异常浓聚;Ⅲ型为全身放射性增加;Ⅳ型为全身+局部骨代谢异常^[10]。Ⅱ型最易被误诊为骨转移瘤,本研究中 2 例甲状旁腺功能亢进症误诊病例均属于Ⅱ型。侵犯骨骼的淋巴瘤、多发性骨髓瘤酸性肉芽肿及骨髓纤维化等疾病缺乏明显不同于骨转移瘤的骨显像特征,这可能是因为本文收集的病例数较少的原因。但有文献报道骨髓纤维化可呈现“超级骨显像”的表现^[11]。

但是,全身骨显像缺乏骨骼周围软组织信息,以及骨显像的分辨率相对较低等原因,骨显像提供的解剖信息还不够丰富。并且上述类骨转移瘤表现的各类疾病,有时并没有以上总结的各类骨显像特征。此时要单纯从骨显像上鉴别诊断将非常困难。因此,要在全身骨显像中尽量准确的鉴别诊断骨转移瘤与上述疾病,还需要结合患者的病史、实验室检查及其它影像学表现,尤其是当以上疾病缺乏上述骨显像特点时。比如,年龄是骨髓瘤酸性肉芽肿的重要信息,该病好发于青少年,5~10 岁是其发病高峰期。尿本周氏蛋白阳性、血清蛋白电泳 M 带阳性等是诊断多发性骨髓瘤的重要信息。而血钙与甲状旁腺激素的异常增高则提示甲状旁腺功能亢进症。CT 等其它影像学检查,由于较高的分辨率和软组织信息,能够提供丰富的解剖学信息。有的疾病会在 CT 上呈现出相对特征性的改变,比如骨髓瘤在 CT 上具有穿凿样的溶骨性破坏表现,脊椎结核在 CT 上可出现骨质破坏区沙砾样死骨、椎间盘受累、椎旁冷脓肿等特征性表现,骨纤维异常增殖症在 CT 上呈膨胀性和毛玻璃样改变等。因此,核医学医师不仅需要

掌握各类疾病的骨显像特征,而且应该熟知这些疾病的临床表现、实验室检查及其它影像学特点,并且进行综合分析,才能做出最合理的全身骨显像诊断,尽量减少误诊。

[参考文献]

- [1]Zhang Y, Zhao C, Liu H, et al. Multiple metastasis-like bone lesions in scintigraphic imaging [J]. J Biomed Biotechnol, 2012, 2012, 957364.
- [2]谭晓丹,彭盛梅,覃伟武. ^{99m}Tc-MDP 骨显像在多发性骨髓瘤与多发性骨转移瘤鉴别诊断中的价值[J]. 广西医学,2012,34(6):740-741.
- [3]郑磊,谢来平,罗朝学,等. 多发性骨髓瘤 ^{99m}Tc-MDP 全身骨显像的特征表现与临床价值[J]. 中华临床医师杂志:电子版. 2013, 7 (15): 486-488.
- [4]尚玉琨,李舰南,白晶,等. 多发性骨髓瘤患者肌肉软组织摄取骨显像剂一例[J]. 中华核医学杂志,2004,24(6):355.
- [5]童良前,韩云峰,陈璟,等. 肋骨多发骨纤维异常增殖症 ^{99m}Tc-MDP 骨显像一例[J]. 放射学实践,2012,27(6):696-697.
- [6]鹿存芝,肖文金,章振林. 核素骨显像在骨纤维结构不良诊断中的价值[J]. 中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志,2011,4(2):82-86.
- [7]Tuncel M, Kiratli PO, Gedikoglu G. SPECT-CT imaging of polioostotic fibrous dysplasia [J]. Rev Esp Med Nucl Imagen Mol, 2012, 31(1): 47-48.
- [8]宋乐,张燕燕,张卫方,等. 脊柱结核骨显像表现[J]. 中国临床医学影像杂志,2012,23(4):285-288.
- [9]Pandit HG, Sonsale PD, Shikare SS, et al. Bone scintigraphy in tuberculous spondylodiscitis[J]. Eur Spine J, 1999, 8(3): 205-209.
- [10]朱瑞森,罗京,陆汉魁,等. 117 例原发性甲状旁腺功能亢进症的核素骨显像分析[J]. 中华核医学杂志,2010,30(1):38-41.
- [11]解朋,黄建敏,潘莉萍,等. 骨髓纤维化症骨显像表现为超级骨显像 1 例[J]. 中国临床医学影像杂志,2011,22(1):73-74.

(上接 46 页)相中,除个别病例可见骨骼的早期摄取外(本研究中出现的 1 例假阳性即属此情形),血流-血池相通常无阳性发现。

尽管血流-血池相对关节置换术后感染的诊断灵敏度高,但对于临床高度怀疑,但 X 线或 CT 扫描又不能明确诊断的假体早期微松动或感染的患者,^{99m}Tc-MDP 骨血流、血池结合延迟的 SPECT/CT 图像融合技术不失为一种最佳选择,血流、血池相的高敏感性、与延迟 SPECT/CT 图像融合的高分辨率,不仅可以帮助临床医生鉴别假体感染和松动,还可以对假体松动的部位与感染病灶的范围进行精准的定位,为临床上早期诊断和治疗提供客观依据。

[参考文献]

- [1]吕厚山. 现代人工关节外科学[M]. 北京:人民卫生出版社,2006: 409-414.
- [2]Nagoya S, Kaya M, Sasaki M, et al. Diagnosis of peri-prosthetic infection at the hip using triple-phase bone scintigraphy [J]. J

Bone Joint Surg Br, 2008, 90(2): 140-144.

- [3]Mumme T, Reinartz P, Alfer J, et al. Diagnostic values of positron emission tomography versus triple-phase bone scan in hip arthroplasty loosening [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2005, 125(5): 322-329.
- [4]El-Maghraby TA, Moustafa HM, Pauwels EK. Nuclear medicine methods for evaluation of skeletal infection among other diagnostic modalities[J]. J Nucl Med Mol Imaging, 2006, 50(3): 167-192.
- [5]Della Valle CJ, Bogner E, Desai P, et al. Analysis of frozen sections of specimens obtained at the time of reoperation after hip or knee resection arthroplasty for the treatment of infection [J]. J Bone Joint Surg Am, 1999, 81(5): 684-689.
- [6]Trampuz A, Zimmedi W. Prosthetic joint infections: update in diagnosis and treatment [J]. Swiss Med Wkly, 2005, 135 (17-18): 243-251.
- [7]朱瑞森. 核医学影像鉴别诊断人工关节置换术后感染与松动[J]. 国际骨科学杂志,2011,32(2):83-86.
- [8]李原,王茜,岳明纲. ^{99m}Tc-MDP 显像用于人工髋关节置换术后关节感染的鉴别诊断[J]. 中华核医学与分子影像杂志,2013,33(4): 267-270.