

## 骨 SPECT

Collier BD, et al

**提要:** 通过对比研究,对SPECT脊柱、骨盆、髋关节、膝关节、面骨等方面的临床价值作了客观的评价,认为骨SPECT显像通常是首选作为测定这些解剖部位的生理意义和病变的范围而应给予特殊的重视。

热心于骨SPECT的人不是普遍的。许多核医学医师仍继续依赖于平面显像技术,很少或没有常规使用SPECT。一些医师还怀疑是否可得到多于平面显像所提供的信息。另一些人认为,骨SPECT过分复杂和耗时。一些核医学专家实际上不用骨SPECT对背、髋关节、膝关节和颌下关节(TMJ)痛的病人作检查来得到有益的诊断。最后,许多医师认为用骨SPECT得到的效益不能支付检查的成本。下面报告许多研究者作出的科学贡献并对此进行评价,以有助于明了骨SPECT的临床价值。另外,本文还将提供作者所在研究所5年多骨SPECT的经验。

### 骨SPECT诊断的优点

与平面骨显像比较,SPECT改进了显像和提供更完善的空间信息。它是从医学上感兴趣的具有活性的断层平面的前面到后面移动摄像。在该方法中,SPECT基本上从显像中去除了不良的噪音(但不是信号),改进了信号/噪音比,从而增加了显像的对比度,易于测定骨损伤。例如,在髋关节部位髋臼扩张到股骨头的后面。所以,在平面显像中,异常的股骨头显像可由于髋臼下面的活性而被遮掩,然而,使用SPECT连续的断层图像可以分离下面和上面的放射性。由于这个理由,SPECT有助于对股骨头本身任何异常闪烁显像的检出。从髋关节无血管性坏死与平面显像比较,肯定了SPECT的诊断优点。

骨SPECT的另一优点是改进了定位的信息,使观察者可分别看到在平面骨显像上

被叠盖的骨结构。例如,在高位的脊椎滑脱症中,椎体末板中椎体对线改变常引起骨关节炎,该临床表现可使骨关节炎间隙缺损和在椎体末板骨关节炎部位呈现放射性增加。当使用平面显像技术,像椎体和后神经弓活性常被叠加而遮盖,所以相互间很难鉴别。但是,用SPECT时该异常部位则很容易被分离,所以能更精确地定位。

与平面骨显像比较,SPECT改进了显像的对比度和大大提高了空间信息分辨率。我们使用高分辨率骨SPECT,脊柱空间分辨率不高于半高宽(FWHM)14mm,这与工艺完好的普通 $\gamma$ 照相机分辨率为8mm或更好的(深度5cm或使用高分辨率准直器)相比较,对评价手、脚或其它有关小的和表面的骨结构,高分辨率平面显像技术通常可得到上乘的闪烁显像信息,但是,SPECT对检查大的、解剖复杂的结构如脊柱、髋和膝时,可作出有效的贡献。SPECT也可以作为对小骨结构的显像检查,例如SPECT可将TMJ从面骨和颅底骨的放射活性中分离出来。

### 骨SPECT技术

由于骨SPECT耗时、耗费,增加了检查的成本,而许多骨或关节痛病人可从血流研究和血池显像中得到有益的诊断,所以,SPECT常作为第四级检查。在我们的研究所中,对于背、髋关节、膝关节或TMJ痛的无病史或不怀疑转移肿瘤的病人是以下述显像顺序进行的:

#### 1. 血流研究(5秒/帧)

2. 血池显像 (50 000脉冲)

3. 平面显像

4. SPECT

对于一些成年人骨SPECT诊断质量可因计数而受限,所以一个成年人剂量使用925 MBq (25mCi) \* <sup>99m</sup>Tc-MDP。

**骨SPECT定位**

我们作骨SPECT的规程见表 I。

病人仰卧在显像床上约30分钟,骨骼肌痛病人较长时间在很狭的显像床上不动是很困难的,所以偶而可见病人移动。应注意病人的舒适,并使其移动减到最小程度,手臂和腿结带常有助于病人较好地固定位置,在膝下加一枕头可减轻下背部疼痛,为了作合适的骨SPECT检查,应强调骨位置对称的重要

**表 I 骨SPECT操作规程**

采集	925MBq <sup>99m</sup> Tc-MDP——三小时后显像 64×64矩阵 (400mm视野γ照相机)
一般方法	低能量、多用途 (all purpose) 准直器 每摄影一次20秒, 64次摄影超过360° 高分辨率方法 (供腰椎选用): 高分辨率准直器 每摄影一次25秒, 64次摄影超过360°
方法	均一性校正: Hanning滤波器(频率截止值 frequency cut-off = 0.8环/cm) 用Ramp滤波的图像反投影重建 非衰减校正: 6mm (1象限)薄, 横状面, 矢状面, 冠状面, 显像
显示	用线性灰度模式作 TMJ, 腰椎和膝关节 SPECT 影像灰度校正/处理 Logic灰度转换结用于股骨头无血管性坏死检查

性,在SPECT显像中,由于左右不对称是由骨病理引起的,所以要严格奉行合适的位置(例如,两膝完全伸直置于中心位置)。

对于某些骨SPECT检查的其他特殊考虑见表 I。

**表 I 骨SPECT病人的特异位置**

骨组织	特异位置	出错注意点
膝关节	两膝之间2"~3",用带子固定膝关节防止移动,脚放在中心位置,防止旋转	肥胖病人两膝在视野内包不下
髋关节和骨盆	在检查前排空膀胱,髋关节位置对称和膝关节和/或脚防止移动	在检查期间,引起人为的膀胱充盈
腰椎	手臂应在视野外,枕头置于膝关节下可减轻背痛	有背痛的病人,在检查时经常移动
TMJ	颈部要充分伸直,指导病人不要说话	对照侧位,颌一定要在视野内

**骨SPECT资料采集和运算**

表 I 中列出了用旋转式(400mm FOV) γ照相机作SPECT的两种方法:即用于检查脊柱、髋关节、膝关节和TMJ常用的骨SPECT方法和作脊柱显像的任选的高分辨力方法。资料的采集则应用已通过质量控制试验(见表 II)的旋转式γ照相机。一些较

**表 II 骨SPECTγ-照相机质量控制**

每天	去除准直器,用点源或面源作均匀度校正 3.0百万脉冲 400mm视野照相机 4.5百万脉冲 500mm视野照相机
每周	根据制造厂提供参数的能量来校正均匀度自 检系统 3.0百万脉冲 400mm视野照相机 4.5百万脉冲 500mm视野照相机 旋转的断层中心 高计数率(HCR)状态下均匀度校正 30百万脉冲 64×64矩阵 120百万脉冲 128×128矩阵
每月	影像栅格模型分辨率检查 影像横断面模型(可供选择的)模拟 试验

新的SPECT系统为了改进空间分辨率而提供了非回旋/床边移动式照相机,这较新的技术也采用表 I 中所述的常用或高分辨率方法,在采集和运算过程中不需要任何改变。然而,如用一较大显像仪器(如回旋式500

\*原文为215mCi.有误

——编者。

mm FOV照相机), 则骨显像用  $128 \times 128$  矩阵采集和运算, 断层资料的显示用 1 或 2 个像素厚显像。

扇束准直或高分辨准直、新的分辨技术(如距离-重量滤波反投影)、散射校正和非对称、 $^{99m}\text{Tc}$ 能量窗等可以使显像质量有明显的改进, 然而要注意: 在SPECT骨显像的程序中, 常需要在质量控制、采集和处理方法上进行改变(如表 I 所示), 而对无经验的使用者也许是不明显的。

下面报告骨SPECT在检查脊柱、骨盆、髋关节、膝关节、面骨上的应用。

### 脊柱和骨盆

许多研究者报道了SPECT与骨平面显像对脊柱和骨盆检查的比较, 证明SPECT提高了对病灶的测定和定位效率。例如, Gates在比较90例平面和SPECT骨显像后, 得出结论认为: “腰骶椎和骨盆的常规SPECT显像提高了病灶的精确定位”, 在平面显像为阴性的病人中, 用SPECT检查有19例发现了病灶。SPECT鉴别正常或平面显像可疑这两者中, 大大改进了病灶的测定, 40处中有38处(95%) SPECT可比平面显像早或更容易测出病灶。在腰骶椎SPECT的资料中指出, SPECT对椎骨解离(Spondylolysis)、椎骨前移(Spondylolisthesis)的疼痛部位、假关节形成脊柱融合(pseudoarthrosis following failed spind fusion)关节小平面骨(articular facet osteoarthritis)和骶骨病理的估价具有最大的价值。此外, 尚可应用于对脊椎炎粘连(ankylosing spondylitis)的评价和隐性骨折、感染和骨转移的测定。

X线拍片或CT能测定关节间部位(pars interarticularis), 即椎骨解离位置的解剖缺陷, 这点已被大家所承认。然而, 单用X线检查不能测定椎骨解离或椎骨前移的病人LBP的特殊原因, 在于用骨SPECT来评价

椎骨解离或椎骨前移的有用性上, Collier等研究了19例腰椎X线片为阳性的成年病人, 其中3例无症状, 3例是LBP, 而不是椎骨解离和椎骨前移。为了建立成年人腰椎正常图, 选用无LBP病史的、以前由于其它目的而用SPECT作过骨显像的成人。这些成人的腰椎均能清楚地看到棘突的后神经弓的两边, 每个成年人在后神经弓中没有左右之间的不对称。在后神经弓的活性低于椎体的活性。在这个正常定义的基础上, 研究了19例闪烁显像, 每例是以X线检查中发现的、关节间部缺损处出现放射性异常增加来判断是否为椎骨解离或椎骨前移阳性。Collier等发现13例椎骨解离或椎骨前移而疼痛的病例, 用SPECT可检查出关节间部31处病变, 比平面显像灵敏。另外, 在13例病人中有8例由SPECT检出腰椎部位的后神经弓放射性增加, 而这些病例在平面显像是正常的。3例经SPECT检查正常而实际是有症状的病例最后证明是其它原因, 而不是椎骨解离或椎骨前移。Collier等认为, 椎体解离或椎体前移是病人的LBP原因, 关节间部(pars interarticularis)缺损通常是与显像放射性增加相关, 所以用SPECT是最好的测定和定位方法。这些初步结果提示: 在关节间部摄片见缺陷、SPECT正常的病人如有症状, 应归咎于LBP的其他原因。这一假说尚需进一步检查大量病人来证实。

Slizofski等用SPECT和平面骨显像对疼痛性假关节诊断进行研究, 他们检查了26例腰椎融合超过6个月的病人, 以屈曲和伸直位X线检查显示活动或骨显像图显示融合区内放射活性增加来考虑是假关节。病人分为有症状(15例)或无症状(11例)。有症状病人融合体能活动, 最后用外科探查证实存在疼痛性假关节。在11例无症状病人中, SPECT诊断的灵敏度为0.78, 特异性为0.83, 比X线检查的灵敏度(0.49)和特异性(0.5)为高。11例无症状病人中的6例在

融合体部位局部有放射性增加，这提示存在非痛性假关节。作者认为，如果病人在腰椎融合后6个月以上仍有症状，则骨SPECT显像对疼痛性假关节部位的测定价值较大。

### 髌关节

在成年人股骨头无血管性坏死的病人中，股骨头呈现放射性缺损通常是早期股骨头无菌性坏死（AVN）的显像特征。这种疾病在任何放射学检查改变之前骨显像就已呈现缺损或股骨头处放射性减低。已有报道，在症状出现之前，AVN就可用闪烁显像诊断出来。这种病人在发病期间——超过几周至数月，在股骨髌端和在邻近骨到包括髌关节的关节面处放射性增加。此发现可能是由于骨髓母细胞增长而充血以及关节本身发展为关节炎，最后，原来放射性增加的部位，其放射性逐渐消失。然而，该缺损区仍可被显像出来，所以，AVN的显像诊断是可信的。但是，从关节、骨折炎性关节炎或其它与骨修复病例中来鉴别AVN是有困难的。

在平面显像上，由于骨髓白原有的放射性或邻近软组织放射性，使股骨头中的异常闪烁显像显得模糊。Stromqvist的资料指出，在正常髌关节的平面骨显像中，“小于一半的射线来自股骨头本身”，然而，在包含有股骨头的断层像中却去除了上面和下面的放射性，所以SPECT骨显像改进了显像的对比度，容易测出AVN。

在我们的研究所里，20例有症状的成年病人临床怀疑股骨头AVN，经平面和SPECT骨显像，结果使用SPECT诊断AVN时，20例中17例阳性，而平面显像在20例中仅检出11例。两者均无假阳性。20例中X线检查异常为13例。然而，软骨下骨折是X线检查早期股骨头AVN最特异的征象，只在6例中存在。结论：如以放射性缺损作为早期诊断AVN的指标，则SPECT诊断灵敏度比平面显像或X线摄片为高。

核磁共振显像（MRI）最近被推荐作为AVN的非创伤性诊断方法，现在经MRI与平面和/或SPECT骨显像的初步比较结果证明它是有价值的。MRI比平面显像优越，而MRI和SPECT二者选择何者尚不清楚。当前在我们的研究所里对于疼痛性髌关节首先推选用放大技术的X线摄片，然后再是SPECT显像。我们发现，骨显像不仅对股骨头AVN诊断有用，而且可以从原来考虑是AVN的病人中鉴别出其它疾病，如应力性骨折和髌髌关节炎。

我们的SPECT经验指出，膀胱人为充盈、与开放或近期融合生长板有关的活性和与进行性关节炎相关的大缘骨赘（large marginal osteophytes）这三者使SPECT检查的解释较困难。当高度怀疑为AVN时，用SPECT检查是正常或无诊断价值，我们建议再进一步作MRI来评价。用平面显像技术作放射性胶体骨髓显像也能有助于AVN的诊断。至于股骨头中摄取放射性胶体的SPECT显像，尚未作详尽研究。

### 膝关节

骨SPECT可作为对软骨损伤、骨膜炎、长时间站立所致的半月瓣撕裂或其它骨及关节病引起的慢性膝关节疼痛的高灵敏过筛检查。另外，有一成功的报告：我们用骨平面显像诊断急性半月瓣撕裂，27例使用常规的X线摄片、平面骨显像和SPECT检查慢性膝关节痛的病人，他们不是骨关节炎就是有病理意义的膝关节内疾病（significant internal derangement of the knee）（象半月瓣撕裂或关节体间疏松），他们是由感染而发展至早期骨关节改变。所有病人的膝关节的三个部位（内侧、外侧和膝盖骨与股骨）后来经关节镜检查结果与非创伤方法相一致，其中SPECT对病灶的范围与定位评价最灵敏。在诊断膝盖骨与股骨关节软骨损伤和骨膜炎中，三种测定方法的灵敏度是：

SPECT为0.91、平面显像为0.57、X线摄片为0.22。这三种方法对膝盖骨与股骨的损伤均无假阳性诊断。15例病人的膝关节，临床诊断是慢性半月瓣撕裂，用SPECT和平面显像检查，两者都有诊断价值，其灵敏度分别为1.00和0.91。应该说明，在上述资料中，半月瓣撕裂这组病人中去除有症状已达9个月和有膝关节损伤小于一个月的病人。Fajman等也报道SPECT显像有价值的结果。这些作者认为，SPECT对定位有实用价值。在膝关节内侧或外侧部位显像时放射性增加，尚不能认为可以从软骨损伤、骨膜炎、松散的关节内体（intra-articular loose bodies）或其它与慢性膝关节痛有关的其它病理中鉴别出半月瓣撕裂。然而，骨SPECT可测定许多种膝关节痛而具有高灵敏度，所以鼓励人们应用它作为非创伤性过筛方法。关节内窥镜可直接看到膝关节有病的部位，是一种高度特异的创伤性诊断方法。另外，MRI对半月瓣撕裂和其它软组织损伤是一种高灵敏度和高特异性的诊断方法。虽然关节内窥镜具有高效高灵敏度，但价格昂贵并且是创伤性试验，因此需要有一种过筛检查方法。在我们的研究所里，一些整形外科医生先用SPECT选择病人，然后再作MRI、骨关节造影或骨内窥镜检查。所以显像检查作为一种“指路图”指引作骨内窥镜，矫形外科医生手术时就能集中精力在极可能有病变的位置，否则要耗时去检查整个膝关节。

### 颞下颌关节、面骨和头颅

Brown等在1977年介绍SPECT有价值作为对肿瘤、感染、骨移植和面骨放疗后骨坏死病人的检查。Mitinik等最近报道15例病人检测鼻旁窦疾病，证明SPECT对颞骨骨髓炎的评价比平面显像好，而且证明骨SPECT对TMJ疾病的诊断是有价值的。TMJ病人通常伴有关节痛，张嘴受阻、关节

闭锁和/或可听到张口滴嗒声，在对36例病人术前评价TMJ的症状中，Collier等发现SPECT灵敏度为0.94、关节造影为0.96，比平面骨显像(0.76)或一般的X线检查(0.64)为优。也有报道对使用关节造影和外科证实TMJ诊断的病人用SPECT检查是低灵敏的。我们最近报道的临床诊断为TMJ功能障碍者，其SPECT阳性，而骨关节造影（arthrography）病变部位却正常。这些结果指出，所有功能障碍的TMJ病人不能常规地用骨关节造影查出。MRI和CT两者能对在TMJ前面的移位板（anteriorly displaced disc with the TMJ）作出诊断，故作为一种非创伤性过筛方法而与SPECT竞争。可预料，在一段时期内，CT和SPECT的研究还需努力。

### 小 结

SPECT对背、髓关节、膝关节和TMJ痛的骨病理诊断与定位的进展已有报道，可预料它将更进一步被应用，大量受苦于骨和关节疾病的病人可立即用该技术得到有益的诊断。X线摄片、骨内窥镜、CT、MRI和其它解剖研究能测定骨结构异常，但是骨显像通常是首选作为测定这些解剖部位的生理意义和病变的范围而给予特殊的注意。在许多骨骼部位，只有用SPECT和平面骨显像两者作检查才可认识到骨显像的潜力。

骨SPECT对 $\gamma$ 照相机的使用或技术人员状况无过多的要求，适当注意技术的细节即可在常规的SPECT显像时避免人为影响。骨SPECT的一般和高分辨率方法两者进一步改进的时间无疑就会到来，这些技术的进展将会很大程度地影响骨SPECT。我们相信，该技术在近期将大量地在临床上作为核医学工具来应用。

[Semin Nucl Med 1987; 17(3):247~266  
(英文)朱瑞森节译 马寄晓校]