

# 多层螺旋 CT 在骨关节检查中的应用

董建军, 曹伯峰 综述 刘奉立 审核

【中图分类号】R814.42 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2006)11-1186-03

在微电子学和计算机技术飞速发展的今天, X 线计算机断层扫描技术水准和配置不断得以完善和提高。基于设计原理和构造的创新, 多层螺旋 CT (multislice spiral CT, MSCT) 的问世以及在临床诊断中所取得的成绩令人瞩目<sup>[1]</sup>。

## MSCT 在骨关节检查中的优势

MSCT 扫描速度快, 范围大, 短时间内即可完成大范围扫描, 不仅节约了检查时间, 更减少了运动伪影, 在骨关节的应用日益得到重视, 尤其对危重患者更具有实际意义; 另一方面, 在图像分辨率上, 采用“飞焦点 (Flyspot)”技术, 使得空间分辨力明显提高, 实现了“等体素 (Isovoxel)”, 即每个体素在冠状面、矢状面和垂直三个方向上分辨力相同, 保证了多平面重组中任意层面的各向分辨力是一致的<sup>[2]</sup>, 利于细小骨折的发现。

MSCT 具有独立的后处理工作站, 配备多种图像重组方式, 只需横轴面数据即可得到立体的重组骨关节结构影像。MSCT 骨关节常用的重组方法有: 多平面重组 (multiplanar reconstruction, MPR)、表面遮盖法 (surface shaded display, SSD)、容积再现 (volume rendering, VR)、最大强度投影 (maximum intensity projection, MIP)。骨的三维成像为临床医生打开了一个新的窗口, 可从不同角度去观察骨病变, 如骨折、异物、肿瘤等, 便于外科手术计划的制定。通过旋转、开窗、“剥皮”、“去骨”等图像处理可模拟手术方案。

## MSCT 在脊柱检查中的应用

### 1. 脊柱扫描的新模式

平片与常规 CT 扫描常被用于研究椎体及椎间盘。平片是重叠图像, 椎体内部和椎间盘等结构难以观察显示。显示椎体结构, CT 优于平片, 但是我国对于脊柱多采用横轴面椎间盘扫描方式, 即只扫描椎间盘层面, 它只能观察椎间盘, 难以观察椎体骨质、椎管纵向长轴断面、椎间隙及椎间孔的整体形态。单层 CT 虽可以做到各向同性, 但扫描时间长、球管负担重, 使长距离的薄层扫描在单螺旋机器上基本无法实现, 只能做很短距离扫描, 几乎没有临床实用价值。

MSCT 的 X 线利用率明显提高, 可以允许长距离薄层螺旋扫描, 使得各个部位的各向同性扫描真正成为现实, 为长轴观察脊柱打下了基础。MSCT 对兴趣段脊柱进行各向同性扫描, 对原始数据进行后处理, 获得冠状、矢状面乃至斜位图像。这些后处理图像空间分辨力都等同于原始轴位图像<sup>[3]</sup>, 其各向同性的 MPR 图像与 CT 直接扫描图像质量在视觉上无显著性差异, 解决了原来只能用直接扫描的图像诊断疾病的重大缺陷。

MSCT 扫描速度极快, 方法简单, 并且层厚及间隔可任意调整, 克服了摆位不正或强迫体位所致双侧结构不对称。正中矢状 MPR 可以显示脊柱结构的纵向断面形态, 并能在矢状面上显示椎间盘, 可替代并优于脊椎侧位平片; 冠状面 MPR 可替代脊椎正位平片; 45°斜矢状面 MPR 或 VR 像可以替代颈椎平片的左、右前斜位, 显示全颈椎所有椎间孔和小关节; VR 像显示椎间孔有很好的立体效果, 能显示椎间孔的完全、完整的投影形态, 通过任意方向旋转图像, 易于观察椎间孔结构的空间关系<sup>[3]</sup>。

### 2. MSCT 在脊柱病变中的应用

脊柱结构复杂, 尤其是寰枕部及寰枢椎解剖结构复杂, 传统的 X 线平片影像重叠较多, 且患者通常不能很好地配合摆出合适的位置, 尤其是张口位, 诊断一些先天性畸形十分困难。多排螺旋 CT 三维成像对脊柱先天畸形具有极高的临床应用价值, MPR 可从轴、矢、冠、斜任意二维断面观察病变, VR 像可从不同角度立体显示病变, 并可利用开窗和切割技术重点观察内部结构。对颅底凹陷、Klippel-Feil 综合征、齿状突畸形、枕颈融合、椎体畸形等均能做出正确诊断<sup>[4]</sup>。

任意平面、任意角度高质量的 MPR 图像有利于整体观察椎体异常情况。各向同性的 MPR 或 VR 图像对外伤性患者爆裂性骨折时椎管变形、旋转的判断, 诊断椎小关节对位异常, 识别微小的骨皮质断裂, 发现椎管内成分受累等情况十分有利, 可在最小程度上减少误诊及漏诊。可对脊椎退行性病变患者椎管、椎间孔狭窄程度以及对椎间盘退变程度进行直观评价, 并可衡量多节段脊椎退变程度, 致使 X 线平片对此种病变的应用价值锐减。对于椎体肿瘤患者不仅能识别微小的、多发的骨质破坏, 而且可以直观显示大范围受累的脊柱及软组织病变, 可以整体观察椎管内、外病变。

## MSCT 在颌面骨中的应用

### 1. 三维容积成像在颌面骨骨折中的应用

日常活动中, 颌面部外伤骨折相当常见。颌面骨在受到外界碰撞或暴力打击下, 很容易发生骨折。由于解剖结构上的衔接, 该部位受伤后的伤势往往都比较严重, 骨折情况复杂多变。以往通过 X 线摄片和 CT 横轴面观察显示颌面骨骨折, 均不可避免地会产生一定的遗漏, 以致于不能准确判断骨折的部位、范围和程度<sup>[5]</sup>。MSCT 通过 MPR 重组, 可以清楚观察 CT 横轴面图像难以显示到及可能存在的横形骨折, 利用 VR 等三维容积成像技术获得立体、直观、附加色彩的逼真影像, 展现了颌面骨的整体形象, 直观清楚显示各部位、各方向 (横、纵、斜) 走行的骨折线, 弥补 MPR 重组影像对骨折立体显示的不足。通过节段层块和位置的调节, 以及图像倾斜和旋转调节, 去除重叠结构对观察显示目标结构的影响, 对兴趣位置重点观察, 直

作者单位: 264000 山东, 青岛大学医学院附属烟台毓璜顶医院影像中心

作者简介: 董建军 (1966—), 男, 山东牟平人, 副主任医师, 主要从事胸部及骨骼系统影像学工作。

接目击内部的、深在的细小骨折变化,对骨折分型和程度判定有着决定性的作用<sup>[6]</sup>。此外,对关节结构的显示已达到了全方位立体直观的效果,关节脱位的程度、骨折的部位和断端移位的情况均能如实地再现。

MSCT 三维容积成像技术在颌面部外伤骨折中的应用,已愈来愈显示其不可替代的重要性。其丰富的图像架构,真实、立体和全面地再现了骨折的病理解剖关系及形态学上的改变,给临床诊断、制订合理的手术方案以及术后疗效的评价以极大的帮助,在今后正颌外科的临床实践和研究中具有十分重要的意义。国内也有一些学者认识到了 MSCT 三维容积成像在口腔颌面外科中的应用价值,相继有了一些关于应用于外伤、正颌的报道<sup>[7,8]</sup>。

## 2. 三维容积成像在颅底骨的应用

颅底解剖结构复杂,孔、裂遍布。普通检查方法很难准确反映是否有颅底的破坏及破坏的情况。MSCT 三维重组能通过不同轴面的旋转、切割进行多方位、多层次的观察,得到颅底不同方位及颅底内面及底面的影像,立体展现破坏本身及其与周围骨结构的关系,较准确地为手术提供解剖学依据。MSCT 三维重组提高了临床工作者对二维图像上复杂病变的认识能力,简化了大脑的综合过程,对颅底复杂解剖结构的认识,有其特殊的意义<sup>[9]</sup>。

三维容积成像也有其局限性。表面遮盖法(SSD),是表面密度的投影,只能反映全层的穿透性破坏,不能显示骨小梁的侵蚀性破坏。容易出现骨衰减现象(假孔效应),不能可靠地发现软组织的异常。细小的骨结构和骨表面细微异常在三维处理后可能消失<sup>[8]</sup>。重组通过密度的变化来充分反映兴趣区,该过程不会增加新信息、新结构,但它会去除某些已存的信息和结构,特别是在颅底前区、筛窦、眶底等骨板较薄区。三维重组时,为更好显示其它较高密度区,很易造成前部颅底破坏的假象。为此需仔细调节窗宽窗位,避免人为缺损的产生。

## 3. 三维容积成像在颞骨内部结构的应用

颞骨结构精细,毗邻关系复杂,在二维 CT 上对这些组织结构的整体认识比较困难。CT 三维重组技术有效地克服了上述不足,重组图像具有非常直观的立体效果,通过叠加和不同角度、不同方位的旋转非常直观地展示各结构之间复杂的解剖关系。对不同结构标记为不同的色彩,可以直观形象地显示耳蜗、半规管、乙状窦、颈静脉球、内耳道和后颅窝底板等特殊结构的形态学特征。颞骨三维重组早期的方法是应用组织切片,通过扫描后计算机辅助叠加,而得到的三维图像<sup>[10]</sup>,但该技术要求条件高,步骤繁琐,费工费时,不能在活体上进行实施,限制了临床使用范围。MSCT 容积扫描和薄切技术为精细组织结构的三维重组提供了必要的条件,使得重组过程简捷,所建图像清晰逼真,并可以在临床上进行前瞻性的研究<sup>[11]</sup>。MSCT 三维重建图像立体感强、通过局部切割技术还可以实施手术模拟,对预测手术效果和预防并发症等有积极作用。

中耳结构复杂、细微,常规 CT 单一体位扫描难以清晰地显示中耳各种解剖结构,直接冠状面扫描受受检者所能承受的特殊扫描体位和扫描机架角度的限制。MSCT 扫描可在受检者

仰卧位短时间内完成扫描,利用所获得的容积数据进行图像后处理,在不增加扫描时间和受检者照射剂量的条件下获得高质量任意平面的 MPR 图像,并能进行三维和虚拟内镜等成像,全面地观察中耳尤其是听骨链的情况。薄层轴位 HRCT 能很好地显示听小骨的断面影像,尤其是对锤砧关节显示较好,用较宽的窗宽、窗位,还能较好地观察呈叉状结构的镞骨前、后脚;MPR 是轴位图像的很好补充,其中冠状面 MPR 具有较高的价值,它能显示听小骨的全长<sup>[12,13]</sup>。利用听骨链与鼓室腔内气体的高对比度,CTVE 和三维成像能用于观察听骨链的情况。CTVE 是一种新的螺旋 CT 成像方法,它是应用计算机软件功能,将螺旋 CT 容积扫描获得的数据进行后处理,重建出空腔器官内表面的立体影像,类似纤维内镜所见<sup>[14,15]</sup>,清楚地显示听骨链的立体图像,用于评价中耳炎有无听骨链破坏、先天性中耳畸形的诊断、颞骨外伤后听小骨有无骨折及脱位和人工听小骨置换术后的随访等<sup>[13]</sup>。CTVE 和三维重组显示听骨链也存在一些缺点,成像过程中会损失部分信息并易受人为因素影响等;另外 CTVE 和三维成像对鼓室骨壁的显示能力较差。所以在临床实际工作中,CTVE 及三维成像必需结合轴面 HRCT 和 MPR 图像才能作出准确、全面的诊断。

## 三维 CT 在骨盆疾病诊断中的临床应用

### 1. 骨盆骨折

骨盆骨折是严重而复杂的急性创伤,类型复杂。无移位型愈合后较佳,对于移位型骨折,精确快速地确定骨折的范围、粉碎的程度、髌臼和股骨头的适应性及软组织损害的程度,决定了治疗、手术方式及预后。常规 CT 估计前后柱旋转、髌臼前缘的骨折较优,但缺乏立体直观感。MSCT 重组图像弥补了平片、二维 CT 的不足,在最小的不适、痛苦下得到患者骨盆的全面图像,通过任意旋转获得各种角度、倾斜度的立体图像。从三维的角度描述了骨折的位置、类型、走行、范围。不再需要外科医师从一系列断层图像中,“构思”出骨盆骨折的立体结构,有助于手术入路、复位、固定的设计。MSCT 三维重组可作为复杂型骨盆骨折的重要检查手段。但对无移位骨折的显示尚不尽满意(除非层面非常薄)。婴儿的未骨化、软骨性的股骨头,甚至股骨头已形成但骨化不足时,则降低了其有用性。MSCT 三维重组现阶段还不能完全代替好的平片和 CT 横断扫描,单独运用有一定限制性,应和 CT 横断扫描结合。此外由于射线剂量关系,除非严重、复杂的骨盆外伤,儿童不宜常规运用 MSCT 做骨盆检查。

### 2. 骨盆发育不良

由先天性、后天性、小儿麻痹性、遗传性、代谢性等原因引起的骨盆发育不良是一种复杂的关节畸形。对其残废功能的重新建立和畸形的矫正依赖于快速精确的早期诊断和及时治疗。MSCT 三维重组在术前、术后骨盆解剖结构的描述、手术计划的制定及手术效果的评价中有极其重要的价值。Roach 和 Azuma 等<sup>[16,17]</sup>对髌臼发育不良患儿进行了大量三维重组的研究。MSCT 三维重组可对复杂或易忽略的先天性髌脱位、Legg-Calve-Perthes 病和髌发育不良的髌臼的形状、髌臼缺陷的程度、股骨头覆盖率、髌骨的厚度、髌脱位的方向进行快速、精

确的描述。可以定量测量髌臼、股骨扭转角度。

## 足部

足部长轴显示较短轴显示容易确认病灶存在。在评价和处理急性踝关节创伤中,MPR 可提供良好的解剖细节。MPR 和三维重组能为急性复位和以后进行的关节成形提供直观信息。跟距关节面属于不规则关节面,对于关节面塌陷和碎裂的显示,MSCT 明显优于 X 线平片。另外,MSCT 强大的后处理功能能对跟骨骨折做出快速诊断及准确分型<sup>[18]</sup>。MSCT 在扫描速度和图象质量方面明显优于单层 CT,最重要的是 MSCT 进行多层面重组时几乎不影响图像的质量,并可在短时间内明确骨折类型及亚型<sup>[19]</sup>。

## 四肢关节创伤中的应用

肘关节:肘关节解剖关系并不复杂,但外伤后常因疼痛及畸形发生旋转和屈曲,使轴位上判断解剖部位及骨折精确位置较困难,而 SSD 和 VR 三维重组不受体位影响,立体直观地显示解剖及创伤改变,尤其是治疗后的复查亦不受石膏固定物的影响,方便、简捷。

腕关节:MSCT 在诊断小的腕骨创伤中,能发现 X 线摄片无法显示的隐匿骨折,排除可疑骨折,能为复杂的或 X 线显示不清的腕骨骨折提供快速有效的影像信息;加之 MSCT 高质量的 MPR 重建功能,成任意姿势的腕关节扫描都可以获得足够的信息,对骨折及关节脱位做出明确诊断<sup>[20]</sup>。

肩关节:肩关节创伤首选检查方法是普通 X 线检查,其空间分辨力较高,但密度分辨力低,图像重叠过多。MSCT 的三维图像可以通过多轴位和三维重组易于显示隐匿性骨折和脱位以及撕脱后的骨质局部缺损。

膝关节:MRI 是膝关节的标准检查方法,MSCT 三维成像可多方位立体观察,尤其是 MPR 对 X 线平片或临床可疑膝关节损伤者是一种重要的补充检查手段。用 X 线平片检查时,胫骨平台后外侧骨折移位常因腓骨小头的重叠遮挡不易显示,对胫骨平台关节面的受损也显示不佳。MSCT 则能准确评估平台损伤情况、显示平片遗漏的细小骨折碎片及其脱落位置。MSCT 可以详细显示骨折及其与关节解剖关系。

## 其他骨

肋骨多发骨折、叉状肋等通过三维重建可以直观观察。对于四肢长骨病变,MSCT 长轴 MPR 可以观察病变与关节面的关系,对骨膜反应的显示也明显优于横轴图像。

MSCT 多种后处理技术是骨关节理想的显示方法,不同方式的后处理充分、直观、立体显示其病变,为临床医师提供更多直观信息。MSCT 应用于骨关节系统以其无与伦比的性能极大地提高了临床诊断效率,展示了十分广阔的应用前景。

## 参考文献:

- [1] Boehm T, Alkadhi H, Schertle T, et al. Application of Multislice Spiral CT in Multiple Injured Patients and its Effect on Diagnostic and Therapeutic Algorithms[J]. Fortschr Röntgenstr, 2004, 176 (12):1734-1742.
- [2] Rydberg J, Buckwalter KA, Caldemeyer KS, et al. Multisection

- CT: Scanning Techniques and Clinical Application [J]. Radio-Graphics, 2000, 20(6):1787-1806.
- [3] 柳澄, 陈海松, 王韶玉. 多层螺旋 CT 图像后处理在颈椎扫描中的应用[J]. 实用放射学杂志, 2005, 21(3):239-242.
- [4] Hensinger RN. Congenital Abnormalities of Cervicalspine[J]. Clin Orthop Relat Res, 1991, 264(1):16-38.
- [5] 南欣荣, 范亚伟, 李睿, 等. 螺旋 CT 三维重建在复杂颌面骨折的应用[J]. 华西口腔医学杂志, 2001, 19(6):372-374.
- [6] 胡春艾, 郝敬明, 张清, 等. 颌面部骨折的 CT 三维表面成像及容积成像对比研究[J]. 中华放射学杂志, 2000, 34(12):858-860.
- [7] 范新东, 邱蔚六. 三维 CT 在口腔颌面外科中的应用进展[J]. 医科信息, 1997, 1(1):24-26.
- [8] 姜晓钟, 陈必胜, 赵云富, 等. 三维 CT 在口腔颌面外科的临床应用[J]. 中华口腔医学杂志, 1996, 31(6):295-297.
- [9] Zonneveld FW. A Decade of Clinical Three-dimensional Imaging Part II Clinical Application[J]. Invest Radiol, 1994, 29(7):716-725.
- [10] Takagi A, Sando I. Computer-aided Three-dimensional Reconstruction: a Method of Measuring Temporal Bone Structures Including the Length of the Cochlea[J]. Ann Otol Rhinal Laryngol, 1989, 98(7 Pt 1):515-522.
- [11] Ali QM, Ulrich C, Becker H. Three-dimensional CT of the Middle Ear and Adjacent Structures[J]. Neuroradiology, 1993, 35(3):238-241.
- [12] 何望春. 五官及颈部影像诊断学[M]. 天津:天津科学技术出版社, 1998. 190-195.
- [13] Lemmerling MM, Stambuk HE, Mancuso AA, et al. Normal and Opacified Middle Ears: CT Appearance of the Stapes and Incudostapedial Joint[J]. Radiology, 1997, 203(1):251-256.
- [14] Rubin CD, Beaulieu CF, Argiro V, et al. Perspective Rendering of CT and MR Images: Applications for Endoscopic Imaging[J]. Radiology, 1996, 199(2):321-330.
- [15] 冯敢生, 韩萍. 医学影像学中的奇葩——仿真内窥镜技术[J]. 中华放射学杂志, 1999, 33(1):5-6.
- [16] Roach JW, Hobatho MC, Baker KJ, et al. Three-dimensional Computer Analysis of Complex Acetabular Insufficiency[J]. J Pediatr Orthop, 1997, 17(2):158-164.
- [17] Azuma H, Taneda H, Igarashi H. Evaluation of Acetabular Coverage: Three-dimensional CT Image and Modified Pelvis Inlet View[J]. J Pediatr Orthop, 1991, 11(6):765-769.
- [18] Linsenmaier U, Brunner U, Schoning A, et al. Classification of Calcaneal Fractures by Spiral Computed Tomography: Implications for Surgical Treatment[J]. Eur Radiol, 2003, 13(10):2315-2322.
- [19] Herold T, Forlwaczny EK, Stunner KM, et al. Diagnosis and Classification of Calcaneal Fractures in Computed Tomography[J]. Fortschr Röntgenstr, 2004, 176(9):1271-1277.
- [20] Kiuru MJ, Haapanmaki VV, Koivikko MP, et al. Wrist Injuries: Diagnosis with Multidetector CT[J]. Emerg Radiol, 2004, 10(4):182-185.

(收稿日期:2006-01-23)