

多层螺旋CT三维重建技术在创伤性骨折中的应用★

吴清武, 岳军艳, 杨瑞民, 陈杰, 窦文广

Application of three-dimensional spiral CT reconstruction technology in traumatic fractures

Wu Qing-wu, Yue Jun-yan, Yang Rui-min, Chen Jie, Dou Wen-guang

Medical Imaging Center, First Affiliated Hospital of Xinxiang Medical University, Xinxiang 453100, Henan Province, China

Wu Qing-wu★, Studying for master's degree, Medical Imaging Center, First Affiliated Hospital of Xinxiang Medical University, Xinxiang 453100, Henan Province, China wuqingwuyj55@163.com

Received: 2011-11-01
Accepted: 2011-12-10

Abstract

BACKGROUND: Three-dimensional reconstruction technology of spiral CT has a very important value in bone fractures with complex anatomical structure and more overlapping, which can significantly improve the diagnostic rate, reduce the rate of misdiagnosis, and provide more diagnostic information in clinic.

OBJECTIVE: To investigate the principle and clinical application of three-dimensional or multi-plane spiral CT reconstruction at different bone fracture sites.

METHODS: A computer-based search of Wanfang, VIP and PubMed databases (1999-01/2011-09) was performed for articles related to multi-plane spiral CT reconstruction in orthopedics. Relevant articles published recently or in authorized journals were preferred. A total of 157 articles were retrieved and finally 30 met the requirement.

RESULTS AND CONCLUSION: Three-dimensional or multiple-plane reconstruction after spiral CT scan shows an important value in the examinations of traumatic fractures, and it can visually display fracture damage of the joints, benefit to the right typing of fractures, and provide the basis for orthopedic surgeons to choose appropriate treatments. With the rapid development of multi-slice spiral CT, three-dimensional CT reconstruction is more efficient, simple and practical, and CT images become more clarity. Currently, a computer-assisted surgical system has been developed on the basis of computer image processing technology, which is combined with three-dimensional image reconstruction to enable clinicians to better assess the prognosis for surgical planning or follow-up after treatment. It has a good application value and future prospect.

Wu QW, Yue JY, Yang RM, Chen J, Dou WG. Application of three-dimensional spiral CT reconstruction technology in traumatic fractures. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2012;16(9): 1688-1691. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

背景: 螺旋 CT 三维重建技术尤其在解剖结构复杂、重叠较多的骨关节骨折中具有非常重要的应用价值, 能够显著提高诊断率, 减少漏诊率, 为临床提供更多的诊断信息。

目的: 探讨了螺旋 CT 三维及多平面重建的应用原理及不同部位骨折中的临床应用。

方法: 应用计算机检索万方数据库、维普数据库和 PubMed 数据库中 1999-01/2011-09 关于多层螺旋 CT 三维重建技术在骨科领域应用的文章。选择文章内容与骨折及螺旋 CT 重建相关, 同一领域文献则选择近期发表或发表在权威杂志文章。初检得到 157 篇文献, 根据纳入标准选择 30 篇文章进行探讨。

结果与结论: 螺旋 CT 扫描后三维或多平面重建技术在骨折创伤检查中显示出重要的价值, 它能很直观地显示骨折关节的损伤情况, 有助于骨折正确分型, 为骨科医师进行合适的治疗方案选择提供依据。随着多排螺旋 CT 的快速发展, 三维 CT 重建技术更快捷、简单、实用, 图像更加清晰, 目前在计算机图像处理技术的基础上发展出了计算机辅助外科手术系统, 与三维图像重建的有机结合可使临床医生能够更好的进行手术计划制定评估预后或治疗后随访, 有较好的应用价值及前景。

关键词: 螺旋 CT; 骨折; 三维重建; 评估; 计算机辅助

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2012.09.038

吴清武, 岳军艳, 杨瑞民, 陈杰, 窦文广. 多层螺旋 CT 三维重建技术在创伤性骨折中的应用[J]. 中国组织工程研究, 2012, 16(9):1688-1691. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

新乡医学院第一附属医院医学影像中心, 河南省新乡市 453100

吴清武★, 男, 1980年生, 河南省卫辉市人, 新乡医学院在读硕士, 主要从事CT诊断方面的研究。wuqingwuyj55@163.com

中图分类号:R318
文献标识码:B
文章编号:1673-8225(2012)09-01688-04

收稿日期: 2011-11-01
修回日期: 2011-12-10
(20111101009/D·W)

0 引言

近 30 年来, CT、MRI、超声和核素显像设备在不断地改进核完善, 检查技术核方法也在不断地创新, 影像诊断已从单一依靠形态变化进行诊断发展成为集形态、功能、代谢改变为一体的综合诊断体系。骨折作为常见病、多发病常规应以 X 射线检查为首选, 既经济又完整、直观, 长管骨和肋骨骨折等尤其如此, 但 CT 作为横断面成像, 无前后重叠, 又能作多平面和三维重建等多种图像处理, 故对某些特殊部位和特殊类型骨折细节的显示优于 X 射线,

是 X 射线检查的重要补充和完善^[1]。多层螺旋 CT 可提供快速、清晰的图像, 其成像速度快, 可在短时间内进行大范围扫描, 从而为一些急救赢得了宝贵时间, 扫描后可进行薄层重建, 应用重建增量可获得细腻的重建图像, 可获得更细致的图像信息, 通过矢状面、冠状面或任意方向上观察, 可掌握骨折的详细情况, 识别微小骨折, 减少误诊、漏诊^[2]。再者通过 MPR、MIP 可更直观地骨折本身及周围组织受累的情况, 如脊柱骨折中更好地显示骨折片移位, 椎管狭窄, 脊柱后突畸形、侧弯及脱位的情况^[3]。

骨与关节结构和成分有良好的对比性和差异, 特别是 X 射线发展以来, 开创了影像学在

骨科疾病诊断领域的先河, 被应用以了解骨科损伤及治疗部位、范围、性质、程度以及周围组织的重要工具。但是 X 射线并不是完美无缺, 随着科学技术的进步, 影像学也不断迅速的发展, 造影、计算机断层、核磁共振成像等均弥补了 X 射线的不足^[4]。文章从螺旋 CT 诊断及发展入手, 总结回顾其在骨科疾病临床重建领域的应用, 并探索影像导航系统下骨科的发展前景。

1 资料和方法

1.1 资料来源 由第一作者在 2011-09 进行检索。检索数据库: PubMed 数据库, 网址 <http://www.ncbi.nlm.gov/PubMed>; 万方数据库, 网址 <http://www.wanfangdata.com.cn>; 维普数据库, 网址 <http://www.vmis.net.cn/yixue/index.asp>。英文资料的检索时间范围为 1990/2011-09; 中文资料的检索时间范围为 1999-01/2011-09。英文检索词为“MSCT; CT; 3D reconstruction; traumatic fractures;”中文检索词为“影像学; 螺旋 CT, 核磁共振; 骨折; 诊断”。

1.2 入选标准

纳入标准: ①医学影像学在骨科领域的应用及发展。② X 射线、CT、MRI 在骨科疾病诊断中的应用。③骨科医学数字化的发展。

排除标准: ①与此文目的无关。②较陈旧的文献。③重复同类研究。

1.3 质量评估 基础研究和动物实验研究原著 22 篇, 临床研究 126 篇, 综述 25 篇, 述评 4 篇。

2 结果

2.1 纳入文献基本情况 初检得到 157 篇文献, 中文 87 篇, 英文 70 篇。阅读标题和摘要进行初筛, 排除因研究目的与此文无关 66 篇, 内容重复性的研究 47 篇, 较陈旧的文献 28 篇, 共保存 26 篇中英文文献做进一步分析。文献[1-7]总结了影像学在骨科疾病领域的诊断及应用, 文献[8-17]分析了多平面和三维重建技术原理及螺旋 CT 三维重建的特点, 文献[18-25]研究了螺旋 CT 三维重建在不同部位骨折中的应用, 文献[26-30]展望了数字化骨科的发展及计算机导航技术的应用。

2.2 结果描述

2.2.1 骨与关节常用的影像学诊断措施

X 射线平片: 检查方法简单, 费用低廉, 在显示骨承重区及内侧关节间隙和骨性关节面以及骨畸形方面优于 CT 和 MRI。因此, X 射线平片可作为关节方面疾病变首选的影像学检查方法^[5]。

CT 检查: CT 尤其 MSCT 具有较高的密度分辨率, 不仅能显示平片难以发现的软组织异常, 而且可明确病

变的部位、边界和范围, 区分关节腔积液、关节囊肥厚, 骨与关节周围软组织水肿、囊肿和肿瘤; 图像分辨率高, 无重叠而且能显示平片难以发现的关节内钙化、骨化游离体, 而且能确定其大小、部位和内部结构; 增强扫描可提供有关血管及血供方面信息^[6]; 螺旋 CT 三维重建更能立体显示髋关节复杂及细微的解剖结构, CT 介入则有助于提高诊断及治疗骨科疾病的准确性^[7]。

MRI 检查: MRI 具有多平面和多参数成像特点, 与 X 射线平片相比, 除具有类似 CT 对骨与关节囊及周围软组织、前后部关节间隙、关节内的游离体和邻关节骨内病灶显示的优势外, 尚可直接显示关节软骨的改变和骨髓浸润性病变及水肿。对少量关节积液的显示较 CT 清楚, 对骨性关节面及轻微股骨头塌陷的显示虽不及 CT 和平片, 但可清楚骨性关节面的断裂, 对骨折碎片及关节面塌陷的预测也有较大价值, 主要用于确诊早期的坏死。MRI 在骨关节系统的不足之处是对于骨与软组织病变定性诊断无特异性, 成像速度慢^[8]。

总之骨与关节影像学检查的评价, 主要是分别从 X 射线平片, CT 和 MRI 3 个影像学最常用的方法来进行诊断分析的。而三者有机地结合, 既扩大了影像学检查检查范围, 又提高了诊断水平。

2.2.2 螺旋 CT 三维重建在骨折中的临床应用价值

多平面和三维重建技术原理: 表面遮盖成像(shaded surface display, SSD): SSD 最早用于骨 3D 成像, 目前广泛用于各部位的血管成像及气道成像^[9]。SSD 是通过设定上、下限 CT 阈值, 舍去阈值外结构对阈值内结构进行成像。通过阈 CT 值的选择, 可使肺或气管、支气管成像, 而高于气管密度的纵隔大血管及胸壁其它组织不显影。也可选择不同的阈 CT 值显示血管解剖结构。SSD 技术的优点是仅需要简单的计算机功能, 费时不多即可获得最佳影像, 其缺点被 Takahashi 等^[10]归纳为 3 类: 第 1 类与阈值范围有关, 由于 SSD 对阈 CT 值的变化非常敏感, 不适当的阈值选择可能损失相关解剖结构, 或过高估计病变造成假象; 第 2 类与层厚有关, 可能由于部分容积效应和边缘效应导致误差; 第 3 类由于采集数据期间的运动所致, 如患者屏气不佳或器官搏动造成伪影。

最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)或最小密度投影(minimum intensity projection, mIP): MIP 或 mIP 是简单形式的容积显示, 二者成像原理相同^[11]。MIP 是在原始容积数据采集的基础上, 选择其中的最高强度像素成像, 而 mIP 是选择其中的最低强度像素成像。MIP 在血管成像中广泛应用, 它通过兴趣区内物体的投影线以最大密度像素显示, 故其血管增强影像使血管和非血管结构区别明显。MIP 的缺点是在投影线上重叠的血管结构不被显示, 因此单一影像不能充分解释血管解剖结构的三维空间关系。mIP 通过计算穿过胸部每条射线上

的最低象素强度而产生, 因此可以使充盈空气的低密度气管、支气管成像。此法在测量气道狭窄时可能过高估计狭窄的程度^[12]。

容积显示技术(Volume rendering technique,VRT): VRT 是通过容积数据对全部象素总和的影像显示^[13]。它与 SSD 和 MIP 比较有很多优点: 它无需定义明确表面, 影像中较 SSD 和 MIP 含有更多的信息, 保存了原始数据的解剖空间关系, 因此可以为观察者提供一个更具真实感的三维立体影像。它的缺点是在成像时需要更强的计算机功能, 处理和显示过程花费时间较长。

螺旋 CT 三维重建的特点: 普通 CT 对与 X 射线平行的骨折或解剖部位复杂的细微骨折仍可以漏诊或显示不满意。多排螺旋 CT 以其扫描层厚薄、速度快、任意角度层面的重建、强大的计算机后处理技术等特点, 在隐匿性骨折诊断中显示出无可比拟的优越性^[14]。多排螺旋 CT 快速扫描所获得的容积数据, 通过后处理技术可获得高质量的任意层面的二维图像及任意角度的三维图像。MPR 和 MIP 重建能较好地显示骨折部位及其与临近结构的关系。VRT 及 SSD 立体地显示骨折、形象直观。二维和三维可以优势互补, 是诊断隐匿性骨折的最佳手段。可以更完整地显示骨折。最大限度地减少漏诊和误诊, 对临床怀疑骨折而普通 X 射线不能确诊为骨折的病例能作出准确的诊断, 并对治疗方案的选择及预后的估计有重要价值^[15]。

创伤患者如果意识丧失, 就无法主诉身体何处不适。这样很难确定 CT 检查应该扫描哪个部位^[16]。目前, 基于患者的需要和多层螺旋可快速进行大范围扫描的功能, 设计了一种自头颅至下肢的多层螺旋快速扫描程序, 对外伤患者进行快速全身扫描, 以检出潜在的各种外伤。螺旋 CT 的三维图像可以立体地多角度展示骨骼与其相邻解剖关系, 医生能较容易地判断骨折的程度和范围据此设计出既能到达骨折部位, 又利于术中操作, 有尽可能减少关节周围结构损伤的手术入路。

螺旋扫描三维成像技术需注意以下几个问题^[17]: ①确定扫描部位、范围, 作扫描计划时尽量选择 5 mm 层厚, 以便于减薄骨算法重建作图像后处理, 这样得到的三维图像很少失真。②三维成像应在独立工作站系统中进行, 多方位观察, 改变不同窗宽、窗位, 利用分离技术观察重叠部位结构, 尤其在显现关节间隙内碎骨块时。③骨质稀疏患者的三维重建图像类似于斑块骨破坏, 但骨轮廓光整, 二维图像骨小梁存在, 骨皮质无破坏征。④三维图像立体性强, 但细微结构显示较差, 需结合常规平片和二维图像进行综合分析。

螺旋 CT 三维重建在骨折中的临床应用: 由于骨关节结构复杂、有些部位会显示不清, 特别对严重外伤的患者, 生命体征不稳定, 多角度、多体位平片摄影需反复搬动患者, 不但操作不便, 而且图像质量往往由于病变区结

构相互重叠而影响观察, 常导致漏诊或误诊, 给临床外科医生确定治疗方案带来误导^[18]。螺旋 CT 扫描三维成像技术立体显示骨关节外伤、病变, 多方位观察, 可为临床医师制定治疗方案提供重要指导, 目前临床上已得到广泛应用。见表 1。

表 1 螺旋 CT 三维重建在不同部位骨折中的临床应用

文献来源	骨折部位	方法	结果与结论
杜辰等 ^[19] 《实用医学影像杂志》	胫骨平台骨折	经 X 射线、螺旋 CT 横断、3D 及 MPR 技术证实的胫骨平台骨折 9 例。层厚 2~5 mm, 螺距 1, 重建间隔 1~2 mm	9 例胫骨平台骨折经 3D 和 MPR 成像后均能立体显示骨折的部位、形态、类型、关节面碎裂、塌陷程度等空间信息。螺旋 CT 3D 和 MPR 技术能为临床医师选择治疗方案和手术计划提供更有价值的信息
李支红等 ^[20] 《CT 理论与应用研究》	腰椎创伤性骨折	选取腰椎创伤性骨折患者 76 例, 经 CT 轴位平扫(2DCT)后进行三维重建(3-DCT)即表面遮盖(SSD)及多平面重建(MPR), 将其图像资料进行比较	3-DCT 能立体、直观显示腰椎创伤性骨折的部位、类型、三柱结构、椎管狭窄及脊髓受压等情况, 说明 3-DCT 作为 2DCT 的重要补充, 对腰椎创伤性骨折临床治疗方案的选择及预后判断有指导意义
洪敏昌等 ^[21] 《实用医学影像杂志》	骨关节骨折	对 80 例骨关节骨折患者行 MSCT 容积扫描后薄层重建, 将薄层重建导入 Syngo 系统工作站行二维(MPR)三维(MIP、SVR)重建	二维(MPR)重建图像清晰地显示了骨关节骨折的部位、细微结构、关节腔内骨折碎片情况; 三维(MIP、SVR)重建可立体直观地显示骨折的移位程度、关节脱位及关节腔内碎骨片
田龙海等 ^[22] 《临床军医杂志》	肋骨骨折	对 156 例肋骨骨折患者进行 MSCT 薄层扫描, 重建全肋骨多平面重建图像	MPR 显示肋骨骨折 300 根, SSD 显示 290 根。说明多层螺旋 CT 肋骨三维重建能够直观、立体、清晰、多角度地显示肋骨骨折, 具有较高的临床应用价值
马荣等 ^[23] 《宁夏医学杂志》	髌骨骨折	回顾性分析 42 例髌骨骨折的平片及螺旋 CT 三维重建资料	螺旋 CT 诊断单纯前、后壁骨折各 7 例, 横行伴后壁骨折 2 例, 单柱骨折者 6 例, 双柱骨折者 7 例, 双柱单壁骨折 4 例, 髌骨底骨折 9 例, 其中合并股骨头脱位者 12 例。说明 MSCT 重建为髌骨骨折诊断提供了简单明确的形态学依据, 使术前评估更准确, 在诊断的可靠性方面明显优于平片
刘清波等 ^[24] 《河南职工医学院学报》	颧骨、颧弓骨折	对 26 例颌面部外伤疑有颧骨、颧弓骨折患者进行螺旋 CT 薄层扫描和三维重建成像, 并对结果进行分析	螺旋 CT 三维成像能够立体地显示骨折的部位、形态、骨折块移位特点和类型等空间信息。说明了螺旋 CT 三维成像对于颧骨、颧弓骨折具有重要临床诊断及应用价值
姚小刚等 ^[25] 《成都医药》	骨盆骨折	使用 TOS-I BA XvisiOn 螺旋 CT 机对 20 例骨盆损伤患者进行扫描, 在薄层重建图像基础上生成 MPR 图像, 观察损伤细节, 并与骨盆平片比较	螺旋 CT 及 MPR 技术清晰地显示了骨盆骨折的细节, MPR 图像可直观、全面显示骨盆骨折术前与术后情况, 总之螺旋 CT 及 MPR 技术是诊断骨盆骨折的重要手段

螺旋CT重建技术主要应用于解剖关系复杂、结构重叠较多的部位,如颅底、脊柱、颌面部、骨盆等。因其可以在不搬动患者的情况下,也就是可以减少患者因摄片而必须配合体位时带来的痛苦和加剧伤情的危险,也无需拆除石膏,而快速获取准确、清晰、立体、全面的影像资料,更好地显示骨折线的走行,骨折端的移位、关节腔等情况,弥补了X射线平片和常规CT扫描的不足,为临床治疗方案的确定提供了更多的信息,也能综合评估术前、术后的恢复情况,在骨关节外伤应用方面具有肯定的价值^[26]。

3 小结

尽管螺旋CT的重建技术的多项优势并不意味着它可以取代X射线平片和常规CT扫描。X射线平片因其较低的价格和较高的空间分辨率,仍是骨关节外伤的常规,首选检查方法^[27]。随着CT扫描设备的迅速发展,高速螺旋CT的发展并应用于临床,使得对病变部位扫描的速度明显提高,同时采集的数据越来越丰富,使得CT图像的后处理软件的开发与应用成为可能,把数学应用于图像处理,出现了多种图像三维后处理软件,大致包括:多平面重建技术(MPR)和曲面重建(CPR)、最大密度投影(MIP)和最小密度投影(MinIP)、表面遮盖重建(SSD)、容积重建(VRT)、仿真内窥镜检查(CTVE)等^[28]。这些软件应用于复杂的骨关节,可以得到立体的,多层面的、多角度的图像,并可以模拟手术方案,突破了普通放射线检查的局限性。

数字骨科实际上是一骨科为基础,计算机图像技术为辅助的设计到多领域多学科的综合新技术,包括医学影像处理、三位虚仿真与可视化技术、临床CAD/CDM技术、术中手术导航与机器人辅助技术等。近年来数字骨科发展迅速,骨科医院顺应时代的发展,影像导航系统能够被用于术前制定手术计划和术中导航,可在手术过程中跟踪手术器械并将手术器械的位置在患者术前或术中的影像上实时更新显示,同时又具备齐全的导航功能,可模拟手术器械的前进和后退,存储手术路线,测量角度、距离等^[29]。在影像导航技术问世之前,骨科医生在为患者手术时主要是依靠他们在术前所得到的患者的影像资料(X射线平片、CT、MRI)和术中的X射线透视。

未来影像导航发展方向是影像导航技术的迅速发展与临床相结合,明显的进步就是二维透视和三维影像的结合,完成这个结合的一个意义就是通过影像联合定位技术,这项技术使得术前获得的CT数据与术中的透

视图图像相匹配,另一个意义是通过一个同中心的C型臂透视来建立术中的CT影像^[30]。其他正进行的发展包括同时注册和跟踪多个椎体节段,以及影像导航和使用内窥镜的微侵袭骨折手术的结合,相信影像导航系统将在骨科领域有更广泛和深入的应用。

4 参考文献

- [1] 刘怀军.螺旋CT与三维图像诊断学[M].石家庄:河北科学技术出版社,2003:3-26.
- [2] 王发成,曹海念,许忠曦.64排螺旋CT三维重建与X线平片在胫骨平台骨折诊断中的对比[J].中国中医药现代远程教育,2010,8(2):139-141.
- [3] 顾湘杰,陈劲松,鲍根喜,等.计算机三维成像技术在骨科领域中的应用[J].上海医科大学学报,2003,25:23.
- [4] 徐建高.骨关节损伤中三维CT重建的诊断学意义[J].生物骨科材料与临床研究,2004,1(4):35-38.
- [5] 胡长青.外伤性髌关节骨折的X线与CT影像学诊断比较[J].中外医学研究,2011,9(19):11-12.
- [6] 王劲,张雪林,李树祥.螺旋CT多平面重建、三维表面遮盖法及容积重建技术在骨盆骨折中的临床应用[J].临床放射学杂志,2001,20(4):302.
- [7] 张金玲,陈鹏,赵德利,等.64层螺旋CT三维重组技术在骨盆骨折诊断中的应用[J].临床放射学杂志,2009,28(3):380-383.
- [8] 陈祥民,王子轩,徐海滨,等.骨折鉴定中MSCT及图像后处理的诊断与应用[J].法医学杂志,2005,21(4):262-264.
- [9] Ferretti GR,Vining DJ,Knoploch J,et al.Tracheobronchial tree:three-dimensional spiral CT with bronchoscopic perspective.J Comput Assist Tomogr,1996,20(5):777-781.
- [10] Takahashi M,Ashtari M,Papp Z,et al.CT angiography of carotid bifurcation:artifacts and pitfalls in shaded surface display.AJR,1997,168:813-817.
- [11] 李云卿,高光峰,刘连杰.多层螺旋CT不同重建方法在诊断肋骨骨折中的对比研究[J].中国CT和MRI杂志,2005,3(4):25-27.
- [12] 张伟雄,卿安蓉,陈国栋.多层螺旋CT三维重建在颌面骨折中的应用[J].中国CT和MRI杂志,2004,2(4):16-18.
- [13] 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.
- [14] 戴志龙,芦中庆,侯建明,等.多层螺旋CT后处理技术对胫骨平台隐匿性骨折的诊断价值[J].临床军医杂志,2010,38(5):807-909.
- [15] 杜国生,华亮,薛源,等.术前CT扫描三维重建对胫骨平台骨折手术方式和内固定选择的评价[J].中国医药指南,2011,9(21):34-36.
- [16] 赵芳.16层螺旋CT三维重建及多平面重组在诊断胫骨的价值[J].四川医学,2008,29(2):234-235.
- [17] 刘红光,陈述祥,丁林坚,等.应用CT三维重建和关节镜监视下治疗胫骨平台骨折[J].中国骨伤,2007,20(1):24-25.
- [18] 徐春林,刘伟,张雪梅,等.螺旋CT三维及多平面重建在骨与关节创伤的临床应用[J].CT理论与应用研究,2006,15(3):21-25.
- [19] 杜辰,王星,杨传林.螺旋CT三维和多平面重建诊断胫骨平台骨折及临床应用价值探讨[J].实用医学影像杂志,2008,9(1):46-48.
- [20] 李文红,郭建国.螺旋CT三维重建在腰椎创伤性骨折中的应用价值[J].CT理论与应用研究,2007,16(2):71-74.
- [21] 洪敏昌,张文英,周应平.多层螺旋CT二维三维重建技术在骨关节骨折中的应用[J].实用医学影像杂志,2011,12(2):102-103.
- [22] 田龙海,刘忠.多层螺旋CT三维重建技术在肋骨骨折中的临床应用[J].临床军医杂志,2010,38(5):68-71.
- [23] 马荣,张晋民,刘娜嘉,等.多层螺旋CT重建在髌骨骨折诊断中的应用价值[J].宁夏医学杂志,2006,28(12):232.
- [24] 刘清波.螺旋CT三维重建在颧骨、颧弓骨折中的临床应用[J].河南职工医学院学报,2005,17(5):273-275.
- [25] 姚小刚,蒋奕,陈伯超,等.螺旋CT及多平面重建技术在骨盆骨折诊断与治疗中的应用[J].成都医药,2002,28(4):207-209.
- [26] 项华,赵坚,陆峻,等.螺旋CT重建技术在骨关节骨折中的应用价值[J].现代医药卫生,2006,22(5):640-642.
- [27] 黄小华,张小明,董国礼,等.多层螺旋H4后处理成像对骨外伤的应用价值[J].医学影像学杂志,2005,15(4):305-307.
- [28] 乔俊华.多层螺旋CT多平面重建及三维重建图像在眼眶骨折中的价值探讨[D].吉林大学,2005.
- [29] Brown GA, Wellis MC, Firoozbakhah K, et al. Computed tomography image-guided surgery in complex acetabular fractures. Clin Orthop. 2000;370(1):219-220.
- [30] Johnson PT, Heath DG, Kuszyk BS, et al. CT angiography with volume rendering: advantages and applications in splanchnic vascular imaging. Radiology. 1996;200(2):564-568.