

临床论著

脊柱数字化重建与快速成型对复杂
脊柱畸形矫治的意义

王 征, 王 岩, 毛克亚, 刘郑生, 肖嵩华, 刘保卫, 张永刚, 王继芳, 卢世璧

(解放军总医院骨科 100853 北京市)

【摘要】目的:探讨脊柱数字化重建与快速成型在复杂脊柱侧凸畸形矫治的意义。**方法:**采集 6 例复杂脊柱侧凸畸形患者 CT 断层扫描数据,利用计算机进行脊柱病变区域的数字化三维重建和快速成型,并将其应用于临床。**结果:**术中所见与术前数字化三维重建显示和测量结果完全一致。6 例患者脊柱均采用快速成型技术制作脊柱畸形模型,模型与脊柱畸形的外形尺寸完全一致,6 例患者按计划完成手术过程顺利,矫形和内固定满意,未出现神经、血管损伤等并发症。术后 X 线和 CT 复查显示矫形效果满意,侧凸矫正率 40.7%,后凸矫正率 45.6%,椎弓根螺钉位置正确。**结论:**脊柱数字化重建与快速成型能够精确和直观地反映脊柱畸形情况,从而指导制定手术计划和手术操作。

【关键词】 脊柱畸形;侧凸;数字化脊柱;三维重建;快速成型

中图分类号:R682.3,R319 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2006)-03-0212-03

Instructional application of digital spine and rapid prototype in complicated spinal deformity correction/WANG Zheng,WANG Yan,MAO Keya,et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord,2006,16 (3):212~214

【Abstract】 Objective:To investigate the valuation of digital spine and rapid prototype in the management of complicated spinal kyphoscoliosis deformity.**Method:**The complicated spinal kyphoscoliosis CT scanned data set of 6 patients were collected,by which three dimensional reconstruction and rapid prototype were achieved for clinical treatment.**Result:**The observed abnormalities in the operation process were the same as the preoperative display and measurement by digital spinal three dimensional reconstruction.Spinal deformity models of 6 patients were fabricated by rapid prototype technique,which were the same size as the patient's abnormalities. The 6 patients' operations were successfully fulfilled according to preoperative plan.The correction and internal fixation were satisfied without neurologic and vascular damage.The correction results were satisfied,and the position of the pedicle screws was accurate evaluated by postoperative X-ray and CT.**Conclusion:**Pathological information can be observed accurately and directly by digital spine and rapid prototype,by which preoperative plan and operation can be conducted.

【Key words】 Spine deformity;Kyphoscoliosis;Digital spine;Three dimensional reconstruction;Rapid prototype

【Author's address】 Department of Orthopaedics,General Hospital of People's Liberation Army,Beijing,100853, China

由于先天发育畸形、神经纤维瘤病、严重特发性脊柱侧凸等原因导致的复杂脊柱侧凸畸形,由于椎体常常同时伴有侧凸、后凸、旋转等多种畸形,在手术矫正过程中常遇到困难^[1-2]。数字化人体是 20 世纪后期兴起的一项信息技术和医学学

科互相交叉、综合发展起来的前沿性研究领域,将人体断面数据通过计算机整合、重建人体数字化三维立体结构图像,构成人体数字信息研究平台,广泛应用于疾病诊断、新药开发、外科手术等许多方面^[3]。本研究将复杂脊柱畸形患者的二维 CT 数据通过计算机重建为三维骨骼数据,建立人体脊柱的数字化三维可视模型并通过快速成型技术实现脊柱畸形的真实模型,探讨其在复杂脊柱畸形患者治疗过程中的初步应用及意义。

第一作者简介:男(1961-),主任医师,研究方向:关节、脊柱、骨肿瘤

电话:(010)88219860 E-mail: yanwang301@yahoo.com

1 临床资料

1.1 一般资料

2004 年 3 月~2005 年 7 月共收治 6 例复杂脊柱侧凸畸形患者,年龄 6~41 岁,平均 16.7 岁,其中男 2 例,女 4 例,特发性脊柱侧凸 2 例,先天性脊柱侧凸 3 例,神经肌肉型脊柱侧凸 1 例。

1.2 脊柱数字化重建、三维显示及测量

6 例患者均行病变区域脊柱 CT 断层扫描,层厚 1mm。采集 CT 原始数据输入计算机,应用 Mimics 6.3 和 3D View 3.5 软件进行数字化重建、三维显示和测量,从任意角度和方向观察脊柱畸形情况(图 1、2),直观和准确地掌握脊柱侧凸和后凸畸形的程度、范围、区域和具体病变情况,了解与周围重要脏器的解剖关系,判断将要内固定椎体的椎弓根方向、直径,从而进行手术设计和选择内固定方案。

1.3 脊柱快速成型方法及术中应用

将患者脊柱数字化数据转化为 STL 格式,采用计算机激光堆积快速成型技术,利用树脂制作脊柱病变区域的实体模型,并将模型包装后采用环氧乙烷消毒,直接在手术台上观察病变区域椎体的具体情况。在已暴露的脊柱畸形旁边调整模型位置,直到模型与脊柱畸形外形完全一致,在模型的指导下进行手术操作,根据模型判断畸形椎体椎弓根的位置和方向,保证椎弓根螺钉等内固定器械的置入更加直观和准确。

1.4 手术矫正方案的制订

根据患者脊柱数字化三维显示和测量结果,结合快速成型模型和患者的其它影像学资料,制定手术方案和选择内固定方法。术中采用快速成

型模型指导手术操作,术后采用影像学检查评价手术矫正的有效性和安全性。

2 结果

6 例患者均成功进行了数字化人体脊柱的三维重建和快速成型。术中所见与术前数字化三维重建显示和测量结果完全一致。6 例患者脊柱均采用快速成型技术制作脊柱畸形模型(图 3),模型与脊柱畸形的外形尺寸完全一致。6 例患者按计划完成手术过程顺利,矫形和内固定满意,未出现神经、血管损伤等并发症。术后 X 线和 CT 复查显示矫形效果满意,侧凸矫正率 40.7%,后凸矫正率 45.6%,椎弓根螺钉位置正确(图 4、5)。

3 讨论

3.1 复杂脊柱畸形的形态结构

严重的复杂脊柱畸形常常伴有脊柱侧凸、后凸和椎体旋转、楔变等畸形,对这类患者进行手术治疗时,无论采用前路、后路或者前后联合入路进行矫正都将遇到许多困难。术前准确把握畸形的具体病变情况,提前做好手术计划和准备非常重要^[1,2,4]。但是,由于脊柱侧凸、椎体旋转、重叠等形态的变异,采用常规的 X 线平片和 CT、MRI 断层扫描等二维图像难以全面和清楚地观察病变具体情况(图 1)。Liljenqvist 等^[5]采用 MRI 多层重建观察特发性脊柱侧凸患者椎体和椎弓根形态,发现凹侧顶椎椎弓根内侧皮质距离脊髓约 2.3~3.2mm。Parent 等^[6]将 30 例脊柱侧凸标本的 325 个胸椎椎体进行了数字化三维重建,并与 358 个正常胸椎椎体对比,发现侧凸患者凹侧椎弓根明显



图 1 术前正位 X 线片示重度脊柱侧凸畸形 图 2 脊柱数字化三维重建更直观显示侧凸畸形 图 3 脊柱快速成型模型与患者脊柱畸形的外形、尺寸完全一致 图 4 术后正位 X 线片示脊柱侧凸畸形矫形满意 图 5 术后 CT 示椎弓根螺钉位置正确

缩小并且长度增加,为椎弓根螺钉内固定和畸形矫正提供了指导。Hedequist 等^[7]对 15 例先天性脊柱侧凸患者采用 CT 三维重建,术前观察结果与手术中观察到的情况完全一致,证实了术前三维重建对于观察脊柱畸形的可行性和必要性。本研究证实复杂的重度脊柱畸形患者椎体变异较大,常规检查方法提供的信息有限,而脊柱数字化重建和快速成型能够比 CT 平扫及三维重建更立体地了解病变区域的畸形情况。

3.2 数字化脊柱的意义

在人体骨骼系统三维可视化过程中,将二维的 CT 数据重建成三维骨骼数据,通过面片削减、连贯性检测、三维平滑等一系列功能,可使准确度和视觉效果显著改善^[8,9]。本研究将患者复杂的脊柱畸形部位进行 CT 断层扫描,层厚 1mm,将采集到的数据输入计算机,应用 Mimics 6.3 和 3D View 3.5 软件进行三维重建显示和测量,在计算机上可以从任意角度、任意方向和任意平面观察脊柱畸形的病变情况,更直观和准确地掌握脊柱侧凸和后凸畸形的程度、范围、区域和具体病变情况,测量所要内固定椎体椎弓根的直径、方向和角度,从而进行手术设计和选择内固定方案。本组术中所见与术前数字化三维重建显示和测量结果完全一致,证实数字化脊柱的可行性及其应用价值。

3.3 快速成型技术的方法和意义

快速成型技术属于先进制造技术的范畴,是 20 世纪 80 年代后期发展起来的一种新型制造技术,它与传统的去除成型和挤压成型不同,采用材料累加法制造模型,其基本过程是:首先对零件的三维 CAD 实体模型进行分层处理,得到零件的二维截面数据信息,然后根据每一层的截面数据,以特定的方法生成与该层截面形状一致的薄片,这一过程反复进行,逐层累加,直至“生长”出实体模型^[3]。Viceconti^[10]利用一种半自动化装置将人体股骨的 CT 数据转化为 CAD 真实模型,比常规的二维分割模型精确两倍。本研究采用计算机辅助激光堆积快速成型技术,快速制造出和患者脊柱畸形尺寸完全一致的模型,可更直观地观察脊柱畸形的具体病变和计划手术操作过程,并且可以通过环氧乙烷消毒后直接在手术台上使用,与手术中暴露的脊柱畸形进行对照,直接指导手术操作,保证置入椎弓根螺钉和矫正脊柱畸形更加准确和安全。

3.4 评价与展望

由于脊柱解剖结构的复杂性和术前了解更多信息的必要性,近年来许多研究致力于脊柱的数字化三维重建和定量分析^[11,12]。本研究为数字化脊柱和快速成型技术的初步临床应用,仍需要更多病例资料和更进一步的研究来证实脊柱数字化重建和快速成型技术在临床应用的价值。

4 参考文献

1. Chang KW. Cantilever bending technique for treatment of large and rigid scoliosis[J]. Spine, 2003, 28(21): 2452-2458.
2. Yu WD, Bernstein RM, Watts HG. Augmented tibial strut grafts used in anterior spinal fusion for severe kyphosis and kyphoscoliosis[J]. Spine, 2003, 28(7): 699-705.
3. 毛克亚, 陈继营, 毕文志, 等. 数字化人体骨骼重建和快速骨骼重建成型技术的实验研究[J]. 中国临床康复, 2004, 8(23): 4728-4729.
4. Pomero V, Mitton D, Laporte S, et al. Fast accurate stereoradiographic 3D-reconstruction of the spine using a combined geometric and statistic model[J]. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2004, 19(3): 240-247.
5. Liljenqvist UR, Allkemper T, Hackenberg L, et al. Analysis of vertebral morphology in idiopathic scoliosis with use of magnetic resonance imaging and multiplanar reconstruction[J]. J Bone Joint Surg (Am), 2002, 84(3): 359-368.
6. Parent S, Labelle H, Skalli W, et al. Thoracic pedicle morphometry in scoliotic spines[J]. Spine, 2004, 29(3): 239-248.
7. Hedequist DJ, Emans JB. The correlation of preoperative three-dimensional computed tomography reconstructions with operative findings in congenital scoliosis[J]. Spine, 2003, 28(22): 2531-2534.
8. 毛克亚, 陈继营, 郝立波, 等. 数字化人体骨骼的初步临床应用[J]. 中国矫形外科杂志, 2005, 13(1): 67-68.
9. Ackerman MJ. The visible human project: a resource for education[J]. Acad Med, 1999, 74(6): 667-670.
10. Viceconti M, Zannoni C, Pierotti L. TRI2SOLID: an application of reverse engineering methods to the creation of CAD models of bone segments[J]. Comput Methods Programs Biomed, 1998, 56(3): 211-220.
11. Chen YT, Wang MS. Three-dimensional reconstruction and fusion for multi-modality spinal images[J]. Comput Med Imaging Graph, 2004, 28(1-2): 21-31.
12. Dumas R, Steib JP, Mitton D, et al. Three-dimensional quantitative segmental analysis of scoliosis corrected by in situ contouring technique[J]. Spine, 2003, 28(11): 1158-1162.

(收稿日期: 2005-08-10 修回日期: 2005-12-19)

(英文编审 郭万首)

(本文编辑 彭向峰)