

基于CT图像建立的小儿枢椎齿状突病理性骨折三维数字化模型*

周霞¹, 赵华福¹, 周烨¹, 万磊², 张宏斌¹, 王捷¹

Digital three-dimensional model reconstruction in pathological fractures of pediatric odontoid process based on CT images

Zhou Xia¹, Zhao Hua-fu¹, Zhou Ye¹, Wan Lei², Zhang Hong-bin¹, Wang Jie¹

Abstract

BACKGROUND: Children's bone structure of the pedicle anatomy is often complicated and variable, the three-dimensional model of odontoid process fracture via three-dimensional reconstruction can be used to guide the surgery and improve the success rate of surgery.

OBJECTIVE: To study an accurate digital model of pathologic odontoid process fracture in pediatrics and its clinical applications.

METHODS: One child with pathologic odontoid process fracture, 2 years old, was chosen, and his slice scanning CT images were read by Simpleware software for three-dimensional reconstruction. Based on reverse engineering and rapid prototyping technique, the individual skeleton model was obtained. Subsequently treated by resin, the model was guided to the surgery.

RESULTS AND CONCLUSION: The three-dimensional model of pediatric atlantoaxial including odontoid process was successfully established. With the model, the region could be directly observed, and the position and angel of screw fixation could be measured accurately, which played a good role on the operation design. The three-dimensional model intuitively and accurately reflected the structure of patient's atlantoaxial and odontoid fracture, which improved the safety and accuracy of atlantoaxial pedicle screw fixation.

Zhou X, Zhao HF, Zhou Y, Wan L, Zhang HB, Wang J. Digital three-dimensional model reconstruction in pathological fractures of pediatric odontoid process based on CT images. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2011;15(35): 6479-6482. [http://www.crter.cn http://en.zgckf.com]

摘要

背景: 在进行寰枢椎椎弓根内固定过程中, 由于儿童的骨骼局部解剖结构复杂及椎弓根结构常存在变异, 且置钉时极易损伤椎动脉或脊髓, 导致严重后果。

目的: 基于CT扫描图像建立精确的小儿枢椎齿状突病理性骨折数字化模型, 评估其在临床诊断及内固定治疗中的应用效果。

方法: 将1例2岁枢椎齿状突病变患儿的CT扫描结果导入三维建模Simpleware软件中进行三维重建, 用逆向工程与快速成型原理制作个体化的骨骼模型实物并经树脂后处理, 利用该模型指导内固定治疗。

结果与结论: 成功建立了小儿寰枢椎及齿状突的三维立体模型, 可直接观察病变部位, 精确测量置钉入点、角度及其他数据, 对内固定方案设计起到了良好的指导作用, 从而提高了寰枢椎椎弓根内固定治疗的安全性和准确性。

关键词: 齿状突; 病理性骨折; 数字化; 三维重建; 快速成型

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2011.35.005

周霞, 赵华福, 周烨, 万磊, 张宏斌, 王捷. 基于CT图像建立的小儿枢椎齿状突病理性骨折三维数字化模型[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(35):6479-6482. [http://www.crter.org http://cn.zgckf.com]

0 引言

枢椎齿状突病理性骨折在临床并不多见, 病因包括结核、类风湿性关节炎、恶性肿瘤以及嗜酸性肉芽肿, 其中结核性病例常见死骨块和椎前脓肿, 恶性肿瘤及嗜酸性肉芽肿性表现为溶骨性破坏, 全身骨扫描病灶处核素明显浓聚, 类风湿性关节炎患者主要表现为齿状突解剖形态改变并有明显骨质密度减低^[1-6]。

齿状突病理性骨折可导致寰枢椎不稳, 造成延髓、高位颈髓腹侧受压, 产生明显神经压迫症状, 需要进行手术治疗。目前, 施行经前路途径彻底的病灶清除再联合后路固定融合已成为该类疾患最常用的治疗方式^[5-9]。但是, 在进行寰枢椎椎弓根内固定过程中, 由于儿童的

骨骼局部解剖结构复杂及椎弓根结构常存在变异, 且术中置钉时极易损伤椎动脉或脊髓, 导致严重后果。

因此, 在寰枢椎椎弓根内固定前获得患者寰枢椎的个性化三维模型, 精确掌握置钉角的角度, 对术中能够一次性准确完成置钉, 并顺利完成内固定有重要的意义。

文章采用双源64排CT断层扫描数据集建立小儿枢椎齿状突病理性骨折数字化模型, 并探讨其临床应用效果。

1 对象和方法

设计: 方法学验证试验。

时间及地点: 于2010-05/06在解放军广州军区广州总医院医学实验科完成。

¹Department of Medical Research, ²Department of Orthopedic Surgery, Guangzhou General Hospital of Guangzhou Military Command, Guangzhou 510010, Guangdong Province, China

Zhou Xia, Technician, Department of Medical Research, Guangzhou General Hospital of Guangzhou Military Command, Guangzhou 510010, Guangdong Province, China lancaomei06@yahoo.com.cn

Supported by: the Construction Foundation of Guangdong Provincial Key Laboratory of Orthopedic Technology and Implant Materials, No. 2060204*

Received: 2011-03-10 Accepted: 2011-07-19

解放军广州军区广州总医院, ¹医学实验科, ²骨科医院, 广东省广州市 510010

周霞, 女, 1985年生, 浙江省嘉兴市人, 汉族, 2006年解放军第四军医大学毕业, 技师, 主要从事快速成型与数字骨科研究。lancaomei06@yahoo.com.cn

中图分类号:R318 文献标识码:A 文章编号:1673-8225 (2011)35-06479-04

收稿日期: 2011-03-10 修回日期: 2011-07-19 (20110310004/G·W)

对象: 男性患儿, 2岁, 枢椎齿状突病变致头颈部歪斜伴行走不稳, 病理活检及CT检查诊断为淋巴细胞浸润, 可能为嗜酸性肉芽肿。在本院进行了齿突破坏后路寰枢椎椎弓根内固定植骨经口病灶清除。采用颈椎CT扫描检查, 扫描层距参数为0.7 mm, 数据以DICOM格式直接存储。

患儿家属按中华人民共和国《医疗机构管理条例》要求, 均了解实验设计情况并签署知情同意书, 实验方案得到医院伦理委员会批准。

扫描条件: 采用SOMATOM Definition双源64排螺旋CT机(Siemens, 德国)对其头颈部进行增强扫描, 得到的CT二维数据图像以DICOM文件格式保存至光盘。

仪器与硬件平台: 工作站级计算机, CPU: Intel酷睿2四核Q9550, 内存: 金士顿2GB 2(DDR2 800 MHz), 显卡: NVIDIA GeForce GTX260(896MB GDDR3 256bit), 显示器: LG 1960TR。AFS-320激光快速成型机(北京隆源自动成型系统有限公司)。

软件平台: 操作系统为Windows XP/Professional, 三维重建软件为Simpleware 3.2 (Simpleware, 英国)。快速成型制作软件Magics 9.51(Materialise, 比利时)。

方法:

建立寰枢椎齿状突数字化三维模型: 采用Simpleware软件读取DICOM格式的CT扫描图像, 软件自动设定CT原始扫描参数, 并自动形成各层面骨组织表面轮廓线, 图像经编辑处理, 去除无关边缘杂点和冗余数据, 经区域增长3D计算, 根据数据集重建寰枢椎的数字化三维模型, 以STL格式进行存储。

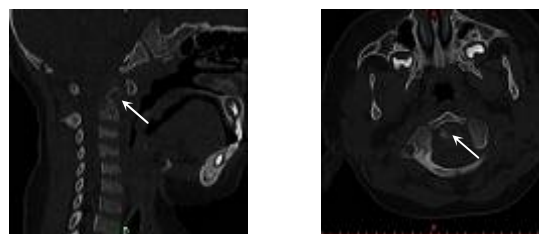
制作寰枢椎立体实物模型: STL格式文件经Magics软件处理后, 经AFS激光快速自动成型机, 采用选区激光烧结(SLS)工艺, 利用计算机三维立体模型经过分层处理给出的路径, 控制激光束逐点、逐线、逐面烧结固化再层层叠加, 快速地制作出患儿的寰枢椎个体化实物标本。

主要观察指标: 基于CT增强扫描数据小儿枢椎病理性骨折三维重建的效果。

2 结果

成功建立了小儿枢椎齿状突病变的三维立体模型。可见枢椎齿状突呈溶骨性骨质破坏, 局部轻微膨胀, 边缘锐利, 未见明显硬化征象, 寰椎骨质结构完整, 未见骨质及骨质破坏征象, 寰枢间隙尚对称, 余未见特殊, 见图1, 2。

该模型使临床医生在内固定前清楚了解病灶的具体位置, 两次手术均成功, 内固定后患儿无明显不适, 生命体征平稳。



a: Scanning CT image of sagittal

b: Scanning CT image of transverse section

Figure 1 Slice scanning CT images of patient's cervical vertebra (arrows show odontoid process)

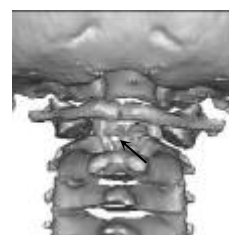
图1 患儿颈椎部的CT断层扫描图像(箭头所示为病变的齿状突)



a: Front of the mode



b: Back of the mode



c: Back of the mode



d: Rapid-prototyping model

Figure 2 Three-dimensional reconstruction and rapid-prototyping model of pediatric atlantoaxial and odontoid process reconstructed by Simpleware software (arrows show odontoid process)

图2 Simpleware 软件重建患儿寰枢椎和齿状突骨折数字化三维模型及其快速成型实物(箭头示齿状突位置)

3 讨论

近些年来,医学数据可视化及三维重建技术的发展使临床诊断和治疗发生了根本性的改变。通过CT、MRI、磁共振血管造影、正电子发射断层扫描等成像设备获得的患者某些部位的二维图像数据,经过计算机软件的影像分析处理,可重建出数字化的三维立体模型,从而进行定量测量和手术设计^[10-17]。

三维重建技术已广泛应用于骨外科、颌面外科、整形外科等的诊断、术前计划、治疗和术后等各个环节。快速成型技术是根据物体的计算机辅助设计模型或CT等数据,通过材料的精确堆积,制造原型的一种基于离散、堆积成型原理的新的数字化成型技术。利用快速成型技术可加工出三维结构完全仿真的模型实物,其误差最小可达 ± 0.1 mm,对准确评价病变部位的骨结构,制定手术方案,提高手术的准确和安全性有重要意义^[18-25]。

由于寰枢椎解剖结构不够坚固,稳定性较差,所以易发生关节脱位,尤其易发生于正在生长发育中的儿童。齿状突及其附着韧带是连接枕骨-寰椎-枢椎的重要解剖结构,也是维持局部稳定最为重要的结构。因此齿状突骨折将直接导致局部的解剖及生理功能破坏,形成寰枢椎不稳^[26]。治疗齿状突骨折,最常用的方法是施行经前路口病灶清除术加上经后路寰枢椎椎弓根内固定。然而,寰枢椎部的解剖结构复杂,特别是椎弓根周围有椎动脉、神经根及脊髓等重要组织,而且病变造成局部结构的改变也增加了手术风险^[27]。West等^[28]通过统计证实直视手术时椎弓根螺钉置入对神经、血管的损伤或内固定后螺钉对神经的刺激危险率为2%~7%。另外,由于不同标本之间的个体差异较大,因此临床上必须强调对每个患者进行内固定前测量,尽可能做到置钉设计的个体化^[29]。因此寰枢椎椎弓根固定治疗对精确性要求非常高,对置钉点、置钉方向和深度都要求非常准确^[30]。

本文选择1例2岁患儿枢椎齿状突病理骨折病例,内固定前行CT断层扫描。DICOM格式数据输入工作站电脑后,通过Simpleware软件建立患者的寰枢椎三维模型,并利用快速成型技术精确地生产出与患者病变部位大小一致的三维重建模型实物,直观地显示了病变部位、范围及局部解剖情况,准确评价了病变部位的骨结构,并在内固定前进行了模拟置钉,有效避免螺钉置入时损伤颈内动脉或脊髓,显著提高了置钉的准确性和安全性。

4 参考文献

- [1] Manz HJ, Bauer H. Pathologic fracture of odontoid process secondary to amyloid deposition. *J Neurol*. 1981;225(4):277-282.
- [2] Peicha G, Seibert FJ, Bratschitsch G, et al. Pathologic odontoid fracture and benign fibrous histiocytoma of bone. *Eur Spine J*. 1999;8(2):161-163.

- [3] Ould-Slimane M, Lenoir T, Dauzac C, et al. Odontoid process pathologic fracture in spinal tuberculosis. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2010;96(1):80-84.
- [4] Walid MS, Sanoufa M. Pathologic fracture of the odontoid as the presenting sign of metastatic cancer. *Indian J Cancer*. 2010;47(4):475.
- [5] Ould-Slimane M, Lenoir T, Dauzac C, et al. Odontoid process pathologic fracture in spinal tuberculosis. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2010;96(1):80-84.
- [6] Tao CS, Ni B, Wang J. Zhongguo Guyuguanjie Sunshang Zazhi. 2005;20(11):721-723.
陶春生,倪斌,王健.枢椎齿状突病理骨折的诊治探讨(附6例报告)[J].中国骨与关节损伤杂志,2005,20(11):721-723.
- [7] Chen K, Lin B. Zhongguo Guyuguanjie Sunshang Zazhi. 2006;21(4):324-326.
陈昆,林斌.齿状突骨折的手术治疗进展[J].中国骨与关节损伤杂志,2006,21(4):324-326.
- [8] Liu XL, Luo WM, Liu ST, et al. Zhongguo Guyuguanjie Sunshang Zazhi. 2005;20(2):79-81.
刘晓岚,罗为民,刘社庭,等.齿状突骨折并寰枢椎脱位的手术治疗[J].中国骨与关节损伤杂志,2005,20(2):79-81.
- [9] Zeng ZJ, Ye JH, Tang GY, et al. Zhonghua Chuangshang Guke Zazhi. 2010;12(7):62-64.
曾周景,叶建华,唐桂阳,等.寰枢椎椎弓根螺钉内固定治疗齿状突骨折并寰枢椎脱位[J].中华创伤骨科杂志,2010,12(7):62-64.
- [10] Weisskopf M, Reindl R, Schröder R, et al. CT scans versus conventional tomography in acute fractures of the odontoid process. *Eur Spine J*. 2001;10(3):250-256.
- [11] Xu XM, Zheng CF, Liu XB, et al. Application of spiral CT reconstruction in the forensic identification of atlantoaxial injuries. *J Fore Med*. 2010;26(1):40-42.
- [12] Yen K, Sonnenschein M, Thali MJ, et al. Postmortem multislice computed tomography and magnetic resonance imaging of odontoid fractures, atlantoaxial distractions and ascending medullary edema. *Int J Legal Med*. 2005;119(3):129-136.
- [13] Zhang Y, Xia YJ, Wan L, et al. Zhongguo Xiufu Chongjian Waik Zazhi. 2009;23(12):1447-1450.
章莹,夏运军,万磊,等.计算机三维仿真技术在复杂跟骨骨折手术中的应用[J].中国修复重建外科杂志,2009,23(12):1447-1450.
- [14] Zhang Y, Wan L, Yin QS, et al. Zhonghua Chuangshang Guke Zazhi. 2009;11(6):509-511.
章莹,万磊,尹庆水,等.计算机快速成型辅助个体化三踝骨折的手术治疗[J].中华创伤骨科杂志,2009,11(6):509-511.
- [15] Xiao J, Yin QS, Zhang MC, et al. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2008;12(35):6835-6838.
肖进,尹庆水,张美超,等. Mimics软件重建脊柱三维骨数据基础上快速成型的脊柱畸形模型[J].中国组织工程研究与临床康复,2008,12(35):6835-6838.
- [16] Liu XJ, Gui L, Mao C, et al. Applying computer techniques in maxillofacial reconstruction using a fibula flap: a messenger and an evaluation method. *J Craniofac Surg*. 2009;20(2):372-377.
- [17] John W, Richard B. Medical rapid prototyping technologies: state of the art and current limitations for application in oral and maxillofacial surgery. *J Oral Maxillofac Surg*. 2005;63(7):1006-1015.
- [18] Deshmukh TR, Kuthe AM, Vaibhav B. Preplanning and simulation of surgery using rapid modeling. *J Med Eng Technol*. 2010;34(4):291-294.
- [19] Sekou S, Lian Q, Wang WP, et al. Rapid prototyping assisted surgery planning and custom implant design. *Rapid Protot J*. 2009;15(1):19-23.
- [20] Li M, Lin X, Xu YC. The application of rapid prototyping technique in chin augmentation. *Aesthetic Plast Surg*. 2010;34(2):172-178.
- [21] Gibson I, Cheung LK, Chow SP, et al. The use of rapid prototyping to assist medical applications. *Rapid Protot J*. 2006;12(1):53-58.
- [22] Chen DM, Liu YR, Liu J. Shengwu Yixue Gongcheng Yanjiu. 2009;28(3):215-218.
陈德敏,刘义荣,刘俊.应用快速成型技术重建人工颅骨[J].生物医学工程研究,2009,28(3):215-218.
- [23] Xu XS, Xu YQ, Jin AM. Zhonghua Guanjie Waik Zazhi. 2009;3(4):507-512.
徐小山,徐永清,靳安民.应用快速成型技术制作新生儿骨盆和股骨模型[J].中华关节外科杂志,2009,3(4):507-512.
- [24] Yang Y, Bai YX, Dong H, et al. Zhongguo Shiyong Kouqiangke Zazhi. 2008;1(8):479-481.
杨芸,白玉兴,董辉,等.应用快速成型技术制作上颌埋伏牙个体化牵引装置[J].中国实用口腔科杂志,2008,1(8):479-481.
- [25] Xiong YY, Jiao T, Zhang FQ. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2008;12(9):1705-1708.
熊耀阳,焦婷,张富强.结构光三维测量轮廓技术及快速成型技术在颌面赈复中的应用[J].中国组织工程研究与临床康复,2008,12(9):1705-1708.
- [26] Hsu WK, Anderson PA. Odontoid fractures: update on management [J]. *J Am Acad Orthop Surg*. 2010,18(7):383-394.
- [27] Yin QS, Wan L, Xia H, et al. Zhonghua Guke Zazhi. 2009;29(12):1089-1092.
尹庆水,万磊,夏虹,等.计算机辅助设计寰枢椎椎弓根内固定数字化导向模板精确置钉[J].中华骨科杂志,2009,29(12):1089-1092.

- [28] West JL, Bradford DS, Ogilvie JW. Results of spinal arthrodesis with pedicle screw-plate fixation. J Bone Joint Surg (Am). 1991; 73(8):1179-1184.
- [29] Hou LS, Jia LS, Tan J, et al. Zhongguo Linchuang Jieouxue Zazhi. 2004;22(6):578-582.
侯黎升, 贾连顺, 谭军, 等. 枢椎侧方椎弓根的临床解剖学测量[J]. 中国临床解剖学杂志, 2004, 22(6):578-582.
- [30] Wang YM, Tian ZM, Zheng KH, et al. Zhongguo Jizhu Jisui Zazhi. 2007;17(10):769-772.
王亚明, 田增民, 郑奎宏, 等. 三维可视化图像引导枢椎椎弓根螺钉个体化置入[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2007, 17(10):769-772.

来自本文课题的更多信息——

基金资助: 广东省骨科矫形技术及植入材料重点实验室建设基金资助项目(2060204)。

作者贡献: 实验设计为第一作者, 资料收集为第一作者, 实施和评估为全部作者, 均经过正规培训。

利益冲突: 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

伦理批准: 患儿家属按中华人民共和国《医疗机构管理条例》要求, 均了解实验设计情况并签署知情同意书, 实验方案得到医院伦理委员会批准。

本文创新性: 利用软件将CT二维图像建立成三维模型及实物, 通过多学科联合, 将断层影像解剖技术和计算机建模技术有效地结合起来, 且对象为小儿的枢椎齿状突, 同类治疗方案在国内尚少。

CRTER ISSN 1673-8225 CN 21-1539/R 2011 年版权归《中国组织工程研究与临床康复》杂志社所有

社长的话: 主编刘老^②

(上接目次页)

一次在北京开会时, 刘老和我将这个想法与卓宏教授讨论, 卓教授说, “好哇, 英国就有一本叫做 ‘Clinical Rehabilitation’ 的杂志呀, 而且办得非常好, 全世界的康复医师都很认可呀!”

在卓教授的启迪下, 刘老带领我们开始了从出版《现代康复》走向创办《中国临床康复》乃至《中国组织工程研究与临床康复》优秀品牌期刊的风雨兼程之路。

和人的成长一样, 期刊的发展, 也会有许多的坎坷和波折, 许多的不尽如意和不被理解。刘老总是认真的告诫我们, “一定是我们做得还不够好, 要少听到别人的批评, 少发生被别人不理解的事, 就要自己努力, 要付出更多的时间和精力去做好自己的工作, 要用成绩让读者接受!” “只要我们坚持不懈, 杂志是一定会有成绩的!” 在刘老言传身教的带动下, 17年来我们这个团队始终以“位卑未敢忘忧国”为工作之铭志, 拼命的去做我们感觉到了每一件应该做好的事! 尽管我们常常觉得很累很累

了, 但私下里我和我团队的同仁们更常是心中充满了喜悦, 有刘老这样好的老头儿当主编带领我们办刊, 才是我们杂志的荣幸, 我这个专职出版人的荣幸呐! 这荣幸逼着我们从来不敢也不能不想去懒惰!

这老头儿撷其五十多年的从医经验, 二十多年从事康复医学研究的体会, 两次出国援外及国外工作考察和为国家多位领导人进行康复保健治疗心路的精华, 倾囊献给我们的杂志去实践, 在这精华沐浴下的小苗, 咋能不疯狂地长大!

如今刘老和我们共同工作学习已经14个年头了, 杂志有了长足的进步, 我们这些编辑和作为专业出版人的我有了长足的进步, 想想我们从蹒跚走步到如今可以健步飞跑了, 这其中哪一步不凝聚着老头的心血和思维的结晶!

支起杂志这个大画架。一位中国康复医学界的元老, 14年来专心地画着他对中国临床康复事业腾飞发展的无限向往。无论是昨天的早期临床康复介入还是今天为康复临床患者进行的组织

工程修复与重建, 我们跟随着他, 沿着国内外临床康复发展的新概念, 从训练、提高到替代、重建临床康复患者无法自行恢复完成的肢残、组织器官残、功能的残疾, 我们享受着有着刘昆教授五十多年积累的独特的思想风格和坚韧不拔的拼搏实践之理念, 顽强的行走在我们成长的旅途上……

今天, 我写的这篇短文, 就是想大声的告诉大家, 和这样的好老头一起工作, 我和我们团队的每位同仁, 每时每刻都在体会着这其中的开心, 惬意和自豪!

我是不会成为这样的好老头了。但当有一天我也在写自传回忆录的时候, 是否也会有人能这样发自内心的去称赞我呐? 不知再过十几年的我, 会不会成为这样的好老太太呀? 暗下决心, 像刘老学习, 力争达标吧!

刘老, 祝您健康幸福, 加油! 比刘老年轻的我和我的杂志, 也一定会按着刘老指导的方向健康成长, 加油!

(王莉莎)