

颅颌面部畸形个体数字化修复技术的临床应用*

欧飞¹, 段世均², 张金鸽², 巩哈妮², 田卫东², 汤炜²

Clinical application of individual digital reconstruction technology in cranio-maxillofacial deformities

Ou Fei¹, Duan Shi-jun², Zhang Jin-ge², Gong Ha-ni², Tian Wei-dong², Tang Wei²

Abstract

BACKGROUND: Because of the complexity of skeleton anatomy relationship of cranio-maxillofacial region, traditional methods cannot exactly exhibit the characteristics of cranio-maxillofacial region deformities, and cannot simulate preoperative surgery. Digital model surgery technique can provide a real cranial phantom, reflect details of skull structure, and exactly solve some problems such as cranio-maxillofacial repair symmetry.

OBJECTIVE: To explore clinical application effects of individual digital surgery in reconstruction and repair of cranio-maxillofacial complex deformities.

METHODS: A total of seven patients with cranio-maxillofacial complex deformities were selected from West China Stomatology Hospital, Sichuan University between 2008 and 2009. CT scanner was employed to scan the patient heads and faces and to obtain three-dimensional data. Through the computer aid design combined with three-dimensional reconstruction, preoperative precise diagnosis of cranio-maxillofacial anomalies and surgery simulation design were successfully performed. Meanwhile, three-dimensional bionic cranium models and individual prosthesis could be fabricated with reverse engineering and rapid prototyping techniques, which resulted in the well restoration of complex deformity.

RESULTS AND CONCLUSION: Based on computer aid design-computer aid manufacture technique, the individual digital surgery will significantly promote the accuracy in cranio-maxillofacial plastic surgery and increase the clinical therapy effects. What's more, it simplified the operative procedure, shorten operation time and decrease surgical risk. These suggested that individual digital surgery possesses high clinical practical value in reconstruction and repair of cranio-maxillofacial complex deformity.

Ou F, Duan SJ, Zhang JG, Gong HN, Tian WD, Tang W. Clinical application of individual digital reconstruction technology in cranio-maxillofacial deformities. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2010;14(22): 4032-4035.

[<http://www.crter.cn> <http://en.zglckf.com>]

¹Department of Stomatology, Mianyang Municipal Third Hospital, Mianyang 621000, Sichuan Province, China; ²Department of Oral and Maxillofacial Surgery, West China Stomatology Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, Sichuan Province, China

Ou Fei, Physician, Department of Stomatology, Mianyang Municipal Third Hospital, Mianyang 621000, Sichuan Province, China
oufei2010@163.com

Correspondence to: Tang Wei, Doctor, Associate professor, Doctoral supervisor, Department of Oral and Maxillofacial Surgery, West China Stomatology Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, Sichuan Province, China
mydrtw@vip.sina.com

Supported by: the National Science and Technology Support Project, No. 2009BAI81B03*

Received: 2009-12-24
Accepted: 2010-03-06

摘要

背景: 由于颅颌面部骨骼解剖关系的复杂性, 传统诊疗方法不能准确再现颅颌面部畸形的特点, 更无法进行术前手术模拟。数字化模型外科技术可以提供给医生一个真实头颅的仿体, 反应头颅结构的细节, 能够更准确地解决颅颌面部修复对称性等难题。

目的: 观察数字化外科技术在颅颌面复杂畸形修复重建中的临床应用效果。

方法: 针对四川大学华西口腔医院 2008/2009 收治的 7 例复杂颅颌面畸形患者利用 CT 断层扫描得到颅颌面骨三维数据, 通过计算机辅助设计并结合三维重建技术, 对畸形进行修复前精确诊断、手术模拟设计, 并通过快速成型技术和反求工程技术制作出三维头颅模型及个性化修复体, 实现畸形的精确化修复。

结果与结论: 基于计算机辅助设计-计算机辅助制造技术的个体数字化修复技术能够完成颅颌面部畸形修复体的设计和制造, 可以提高手术精度, 缩短手术时间, 降低手术风险, 改善治疗效果, 明显提高了复杂颅颌面外科手术的精确性。提示数字化外科技术针对复杂颅颌面畸形修复重建病例有重要的临床实用价值。

关键词: 颅颌面畸形; 数字化外科; 手术模拟; 个体化修复; 快速成型

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2010.22.010

欧飞, 段世均, 张金鸽, 巩哈妮, 田卫东, 汤炜. 颅颌面部畸形个体数字化修复技术的临床应用[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(22):4032-4035. [<http://www.crter.org> <http://cn.zglckf.com>]

0 引言

根据头颅模型进行手术模拟设计以及个性化修复体的制作是数字化外科技术的核心部分。由于颅颌面部骨骼解剖关系的复杂性, 传统诊疗方法不能准确再现颅颌面部畸形的特点, 更无法进行术前手术模拟^[1-3], 数字化模型外科是近年来基于三维重建技术、计算机辅助

设计技术、快速成型技术和反求工程技术发展而来的新技术, 它可以提供给医生一个真实头颅的仿体, 准确地反应头颅结构的细节, 医生可以更全面的评估畸形的位置和程度, 更可以在模型上进行手术设计和模拟手术, 再结合反求工程技术及快速成型技术制作个性化修复体, 能够更准确地解决颅颌面部修复对称性等难题。本文将观察数字化外科技术在颅颌面复杂畸形修复重建中的临床应用效果。

1 对象和方法

设计: 回顾性病例分析。

时间及地点: 于2008/2009在四川大学华西口腔医院完成。

对象: 纳入严重颅颌面畸形患者7例, 男3例, 女4例; 年龄32~67岁, 平均48.5岁。其中颧面部骨折继发畸形1例, 创伤后眶畸形3例, 髁突骨纤维瘤1例, 下颌骨纤维异常增殖症1例, 下颌骨造釉细胞瘤1例。畸形原因: 外伤4例, 肿瘤3例。全部患者均使用个体数字化修复技术治疗, 受试者均对试验及治疗方案知情同意, 且得到医院伦理道德委员会批准。

纳入标准: 严重颅颌面畸形, 有大量骨组织缺损, 凹陷或膨出畸形明显。

排除标准: 骨组织缺损伴有大量软组织缺损, 以及不能耐受手术的危重患者。

病例一般资料:

病例	性 别	年 龄 (岁)	患 区	病 因	治 疗 方 案
1	女	67	左侧 颧面部	外伤	骨折复位内固定+个性化修复体植入
2	男	45	左侧 眶区	外伤	骨折复位内固定+个性化修复体植入
3	女	49	左侧 眶区	外伤	骨折复位内固定+个性化修复体植入
4	男	32	右侧 眶区	外伤	骨折复位内固定+个性化修复体植入
5	女	43	左侧 髁状突	髁突骨纤维瘤	髁突骨纤维瘤切除+个性化修复体植入
6	男	51	右侧下 颌角区	下颌骨造釉细胞瘤	下颌骨节段切除+个性化修复体植入
7	女	53	下颌骨 颞部	下颌骨纤维异常增殖症	下颌骨部分切除+个性化修复体植入

方法: 所有患者通过CT扫描和图像处理得到颅颌面三维骨数据, 利用快速成型技术制作高精度的实体模型, 在模型上模拟手术切除的范围和修复体设计, 再用计算机辅助制造技术制作出与缺损适合性良好的钛合金修复体, 最后通过手术完成畸形区骨缺损的修复。所有患者均由同一名主刀医生行手术操作, 术前准备患者是否涉及咬合关系问题选择是否术前牙弓夹板栓丝。技术要点如下:

头颅仿真模型的制作: 本组所有病例均采用四川大学华西医院西门子螺旋CR CT机(Philips, brilliance 64), 患者均采取统一定位标准和0.5 mm薄层行横断面、冠状面及矢状面

连续扫描, 获得患者颅颌面骨图像数据^[4], 将数据用标准DICOM格式记录成光盘文件保存, 利用计算机将CT图像中颅颌面骨断层数据进行三维重建, 把重建图形通过医学图像控制系统软件(北京吉马飞科技有限公司)转换成反映颅颌面骨原形的三维图形数据, 输出文件格式为STL, 最后把转化后的数据输入激光快速成型机, 快速成型机以高分子聚苯乙烯环氧树脂粉末为原料通过计算机辅助设计造型“分层制造, 逐层叠加”的原理制造出三维实体模型。

个性化修复体的制作: 本组中创伤后颧面部或眶区畸形、髁突骨纤维瘤和下颌骨造釉细胞瘤病例, 都存在颌骨缺损, 先利用健侧镜像法构建缺损侧的数据, 再通过差值运算得到患侧眶区、髁突和下颌骨修复的数据, 最后将修复体数据传到快速成型机^[5]。采用选区激光烧结(SLS)原理, 具体操作程序如下: 先在计算机上建立计算机辅助设计三维立体造型零件, 或通过逆向反求工程得到三维实体图形文件, 将其转换成STL文件格式。再使用离散(切片)软件从STL文件离散或者直接从计算机辅助设计文件切出一系列给定厚度的有序片层。最后将上述的离散(切片)数据传递到成型机中, 成型机中的扫描器在计算机信息的控制下进行物理叠加过程, 包括激光束在计算机的控制下以给定的速度和能量逐层进行扫描。本组使用钛粉制作数字化修复体, 激光束扫过之处粉末被烧结固化为给定厚度的片层, 通过逐层叠加烧结, 最后形成个性化修复体。

手术模拟: 手术模拟分为计算机手术模拟和头颅仿真模型手术模拟两部分。本组所有病例均先实行计算机手术模拟^[6], 首先将患者CT三维数据导入三维编辑软件, 结合镜像技术、自由曲面构建技术和数据分割技术等实现计算机辅助下的骨肿瘤边界判断、手术截骨线、关节复位、骨重建以及修复方式选择。头颅仿真模型手术模拟是以手术模板及头颅仿真模型为指导^[7-8], 利用与实际手术相同的手术器械进行截骨位置的确定、移植骨移动、接骨板塑形和个性化修复体的植入, 模拟截骨、移动和固定等操作, 可以指导真实手术操作; 如发现操作困难还可以进一步修改手术方案, 增加手术方案的可实施性, 完善手术方案。

主要观察指标: ①个性化修复体的贴合情况及稳定性。②面部外形恢复情况。③材料的生物相容性, ④下颌功能评估。

¹ 绵阳市三医院口腔科, 四川省绵阳市 621000; ² 四川大学华西口腔医院创伤整形科, 四川省成都市 610041

欧飞, 男, 1982年生, 四川省绵阳市人, 汉族, 2005年泸州医学院毕业, 医师, 主要从事口腔颌面修复方面的研究。
oufei2010@163.com

通讯作者: 汤炜, 博士, 副教授, 博士生导师, 四川大学华西口腔医院创伤整形科, 四川省成都市 610041

mydrtw@vip.sina.com

中图分类号: R318
文献标识码: B
文章编号: 1673-8225 (2010)22-04032-04

收稿日期: 2009-12-24
修回日期: 2010-03-06
(20091224016/G·Q)

设计、实施、评估者: 设计、实施、评估均为本文作者, 均经过正规培训, 未采用盲法评估。

2 结果

2.1 随访结果 本组病例均采用了数字化模型外科技术, 对创伤后缺损修复, 下颌骨造釉细胞瘤和髁状突纤维瘤截骨后重建病例同期植入个性化修复体(钛金属)。修复后1~1.5年随访, 均得到较满意的外形效果。

病例随访结果:

病例	手术时间 (min)	随访时间 (月)	外形恢复情况	材料反应	X射线结果	修复后功能
1	45	12	外形对称	无	适合性良好	开口度三横指, 咬合正常
2	64	15	外形对称	无	适合性良好	开口度三横指, 咬合正常
3	40	18	外形对称	无	适合性良好	开口度三横指, 咬合正常
4	58	14	明显改善	无	适合性良好	开口度三横指, 咬合正常
5	126	13	外形对称	无	适合性良好	开口度二横指, 咬合改善
6	102	17	外形对称	无	适合性良好	开口度三横指, 咬合正常
7	98	12	明显改善	无	适合性良好	开口度三横指, 咬合正常

2.2 典型病例 男性患者, 38岁, 因工伤事故致右侧颧骨颧弓陈旧性骨折, 右眶底和上颌窦前壁骨缺损, 该病例修复前制作头颅仿真模型和模板及个性化眶底钛修复体, 见图1~3。

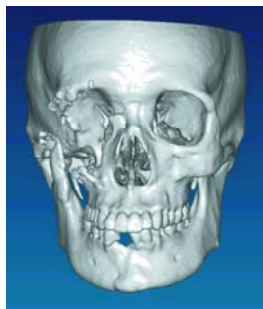


Figure 1 An old fracture patient's preoperative CT shows the defects of the right inferior and lateral orbital wall, the right zygoma and the right zygomatic arch
图1 修复前CT示右眶周缺损, 右侧颧骨颧弓陈旧性骨折

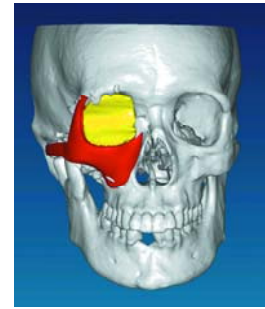


Figure 2 Design of the custom implant is based on the mirror-reversed technique and the contour-edited digital analog in order to over rectify the right orbital volume
图2 右眶周数字化修复体设计: 采用镜面反求技术及数字化曲面编辑技术



Figure 3 Titanium implant on the three-dimensional head model
图3 头颅实体模型上的数字化钛修复体

术中取半冠状切口, 睑缘内切口和口内前庭沟切口以完整暴露骨折及缺损区, 沿术前模拟手术方案截骨, 松解骨折片, 去除瘢痕和骨痂, 参照头颅模型及模板对颧骨、颧弓骨折块进行复位, 通过复位固定颧骨颧弓的位置恢复面部突度、深度及宽度, 再结合模板并按照术前模拟的方向和位置植入个性化修复体。修复后18个月随访, 面部外形得到较大改善, 影像学检查示颧骨颧弓位置及修复体和周围组织贴合度与修复前模拟吻合。

2.3 不良事件及副反应 未见肿瘤复发, 髁突纤维瘤病例有良好的关节动度和咬合功能, 解决了常规髁突手术关节吸收等问题。

3 讨论

3.1 病例中值得借鉴的经验 近年来, 数字化外科技术和颅颌面外科的紧密结合, 为颅颌面外科的发展注入了新的生机, 使颅颌面外科的治疗手段变得更科学, 目前主要临床应用体现在以下几个方面:

修复前准确诊断和治疗设计: 由于口腔颌面部解剖关系复杂, 很难通过平面图形来确定颌骨病灶部位和范围, 利用数字化模型外科技术可以给医生提供一个立体的模型, 可以直观地对颌骨疾病进行诊断和制定手术方案。

个性化修复体的制作: 主要应用图像处理软件和曲面重构软件, 通过健侧骨骼的信息重建患侧缺失骨骼的信息^[9-10], 设计并制作出与健侧对称的个性化修复体, 来解决颅颌面部对称性的难题(多用于上下颌骨、颧骨和眶区组织缺损畸形的修复)^[11]; 也可同法预成颏下颌关节的个体化钛植入体, 通过手术截除病变关节, 植入假关节, 修复后颏下颌关节外形和功能都得到恢复; 还有报道, 可将快速成型技术与种植义齿相结合, 在缺损的下颌骨个体化修复体上设计种植基桩, 通过二期种植修复, 完成外形与功能的整体重建, 提高患者生活质量^[12-13]。

手术模拟: 对于复杂病例可选择术前计算机辅助模拟和模型外科手术模拟, 前者在模拟环境中手术设计并把手术操作的数据以模板方式反应到现实手术中, 后者则是对模拟手术可实施性的一个验证和再调整过程, 为临床手术做好充分的准备^[14]。手术模板作为虚拟手术数据在真实手术中表达的一个载体, 可分为定位模板和塑形模板, 前者是以正常骨组织为参照^[15], 来表达模拟手术中确定的骨块移动距离、旋转角度和截骨位置等信息; 后者则针对需要进行自体骨移植或人工材料植入的病例, 修复前制作植入体塑形模板, 术中可比照模板进行取骨和人工材料塑形, 提高准确度。

3.2 病例中需要认知的教训与不足 通过对本组7例患者的术后评估及回顾分析, 结果表明基于CT可视化的个体化数字设计结合快速成型技术能够修复颅颌面部复杂形态的骨缺损^[16-18], 尤其是3例眶区复杂骨缺损, 采取传统的修复方法无法达到精确的塑型^[19], 而通过快速成型技术定制的个体化修复体则能够达到很好的修复效果。而下颌髁突缺损修复一直是治疗的难点和有争议的问题, 包括自体骨和人工代用品都很难精确恢复下颌骨高度并维持原有上下咬合关系和改善张口功能, 本组1例患者采用个性化修复体整复包括髁突的下颌骨缺损, 同时保留原有关节盘结构, 结果表明个性化修复体可以精确恢复下颌骨高度并维持原有上下咬合关系, 原来受到肿瘤影响的张口功能明显改善。本组病例由于均在2008年左右行手术, 最长随访时间为18个月, 随访时间较短, 患者远期的面型、咬合关系和关节运动恢复情况还有待今后的随访观察。本文采用铸造技术制成的钛合金修复体, 其生物相容性好, 形态与缺损区有良好的吻合性, 但其生物力学性能还有待进一步研究。如何通过个体化数字设计和快速成型技术制作出能够承受咬合力的修复体并一期进行牙列修复, 在恢复患者的面型、咬合关系的同时恢复咀嚼功能, 甚至替代骨移植将是今后的研究方向。

综上所述, 随着生物材料知识和计算机知识的迅猛发展, 数字化产品在医学领域的临床应用将不断增加, 从个体化修复到器官植换, 应用范围会越来越广泛, 大胆地设想, 在不久的将来, 会不会实现机器人与外科医

生在手术室同台竞技的场面^[20]。

4 参考文献

- [1] Gui L, Ten L, Zhang ZY, et al. Traitement chirurgical de la dysplasie fibreuse cranio-maxillo-faciale. Rev Stomatol Chir Maxillofac. 2003;104:1560.
- [2] Robiony M, Salvo I, Costa F, et al. Virtual reality surgical planning for maxillofacial distraction osteogenesis: the role of reverse engineering rapid prototyping and cooperative work. J Oral Maxillofac Surg. 2007;65(6):1198-1208.
- [3] Wang Y, Li WY, Zhu MH. Xitong Fangzhen Xuebao. 2008;20(16):4227-4231.
王钰, 李文玉, 朱明辉. 颌面部骨骼三维建模与通用仿真平台的建立[J]. 系统仿真学报, 2008,20(16):4227-4231.
- [4] Shi B, Lin LS, Qiu Y, et al. Fujian Yike Daxue Xuebao. 2009;43(3): 252-254.
施斌, 林李嵩, 邱宇, 等. 快速原型技术在下颌骨个性化重建中的应用[J]. 福建医科大学学报, 2009,43(3):252-254.
- [5] Guo J, Zhu F. Jiguang Zazhi. 2008;29(1):70-71.
郭建, 朱飞. 基于医用CT成像技术的快速原型制造方法[J]. 激光杂志, 2008,29(1):70-71.
- [6] Tian WD, Tang W. Kouqiang Hemian Waikexue Zazhi. 2008;18(6):381-384.
田卫东, 汤炜. 口腔颌面数字化外科的应用与展望[J]. 口腔颌面外科学杂志, 2008,18(6):381-384.
- [7] Montoya P. Modern imaging of craniofacial malformations. Ann Chir Plast Esthet. 1997; 42:365-369.
- [8] Silva DN, Gerhardt de Oliveira M, Meurer E, et al. Dimensional error in selective laser sintering and 3D-printing of models for craniomaxillary anatomy reconstruction. J Craniomaxillofac Surg. 2008;36(8):443-449.
- [9] Hannen EJ. Recreating the original contour in tumor deformed mandibles for plate adapting. Int J Oral Maxillofac Surg. 2006;35(2):183-185.
- [10] Liu XJ, Gui L, Cao HZ, et al. Zhonghua Zhengxing Waikexue Zazhi. 2007;23(2):115-117.
刘筱菁, 归来, 曹志志, 等. 分体重建技术在颌面部肿瘤切除一期重建手术中的应用[J]. 中华整形外科杂志, 2007,23(2):115-117.
- [11] Schmelzeisen R, Gellrich NC, Schramm A, et al. Navigation-guided resection of temporomandibular joint ankylosis promotes safety in skull base surgery. J Oral Maxillofac Surg. 2002;60(11):1275-1283.
- [12] Liu YP, Gong ZY, He LS, et al. Zhongguo Xiufu Chongjian Waikexue Zazhi. 2005;19(10):803-806.
刘彦普, 龚振宇, 何黎升, 等. 大块下颌骨缺损的个体化数字设计及外形与功能重建[J]. 中国修复重建外科杂志, 2005,19(10):803-806.
- [13] Singare S, Dichen L, Bingheng L, et al. Design and fabrication of custom mandible titanium tray based on rapid prototyping. Med Eng Phys. 2004;26(8):671-676.
- [14] Kau CH, Zhurov A, Richmond S, et al. The 3-dimensional construction of the average 11-year-old child face: a clinical evaluation and application. J Oral Maxillofac Surg. 2006;64(7):1086-1092.
- [15] Gui L, Xia DL, Zhang ZY, et al. Zhonghua Chuangshang Zazhi. 2004;20(4):213-216.
归来, 夏德林, 张智勇, 等. 三维模型技术在颌面创伤的修复中的应用[J]. 中华创伤杂志, 2004,20(4):213-216.
- [16] Guo LJ, Ye JY, Tang W, et al. Sichuan Daxue Xuebao: Yixueban. 2008;39(4):682-683.
郭丽娟, 叶建阳, 汤炜, 等. 眶底壁骨折各期眶容积变化特点的研究[J]. 四川大学学报:医学版, 2008,39(4):682-683.
- [17] Westendorff C, Gülicher D, Dammann F, et al. Computer-assisted surgical treatment of orbitozygomatic fractures. J Craniomaxillofac Surg. 2006;17(5):837-842.
- [18] Hohlweg-Majert B, Schön R, Schmelzeisen R, et al. Navigational maxillofacial surgery using virtual models. World J Surg. 2005;29(12):1530-1538.
- [19] Yang CJ, Zheng GY. Shengwu Yixue Gongchengxue Zazhi. 2009;26(2):440-442.
杨成军, 郑光勇. 应用反求与快速成型技术整复下颌骨缺损[J]. 生物医学工程杂志, 2009,26(2):440-442.
- [20] Mazanec D, Reddy A. Medical management of cervical spondylosis. Neurosurgery. 2007;60(1 Suppl 1):S173-S174.

来自本文课题的更多信息—

基金资助: 课题由国家科技支撑计划(2009BAI81B03)资助, 课题名称“口腔颌面修复体个性化设计加工技术及临床应用评估”。

利益冲突: 无相关利益冲突。