

• 论著——研究报告 •

3D 打印技术联合三维重建在下颌骨骨折中的应用

吕继连¹ 钟克涛¹ 郑永红¹ 王鹏² 蔡晓清¹ 张瑞¹

[摘要] 目的:探讨 3D 打印技术与螺旋 CT 三维重建技术联合应用对临床中常见下颌骨骨折诊断和治疗的价值。方法:将 40 例明确诊断为下颌骨骨折的患者随机分为传统手术组和 3D 打印联合三维重建手术组(联合手术组),依据手术时间及骨折术后恢复情况比较 2 组的差异性。结果:联合手术组的手术时间及术后恢复效果明显优于传统手术组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。结论:3D 打印技术联合三维重建手术方式,实现了个体化、精准化及微创化的综合治疗理念,值得临床推广。

[关键词] 3D 打印;三维重建;下颌骨骨折

doi:10.13201/j.issn.1001-1781.2019.11.012

[中图分类号] R782 **[文献标志码]** A

The application of three-dimensional printing technique combined with three-dimensional reconstruction in mandibular fracture

LV Jilian¹ ZHONG Ketao¹ ZHENG Yonghong¹ WANG Peng²

CAI Xiaoqing¹ ZHANG Rui¹

(¹Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Zhengzhou Central Hospital Affiliated to Zhengzhou University, Zhengzhou, 450007, China; ²Department of Orthopaedics, Zhengzhou Central Hospital Affiliated to Zhengzhou University)

Corresponding author: LV Jilian, E-mail: jilianlv@163.com

Abstract Objective: To explore the value and significance of the combination of 3D printing and spiral CT three-dimensional reconstruction in the diagnosis and treatment of common mandibular fractures. **Method:** Forty patients with mandibular fracture were collected. They were randomly divided into traditional operation group and 3D printing combined with three-dimensional reconstruction operation group. The differences between the two groups were compared according to the operation time and the recovery of fracture. **Result:** The operation time and trauma of 3D printing combined with three-dimensional reconstruction group were significantly better than those of traditional operation group, and the former was better than the latter ($P < 0.05$). **Conclusion:** 3D printing combined with three-dimensional reconstruction operation method realized the concept of individualized, precise and minimally invasive comprehensive treatment, which is worthy of clinical promotion.

Key words 3D printing; three-dimensional reconstruction; mandibular fracture

下颌骨作为颌面部体积最大、位置较为突出的骨骼,主要构成面下 1/3 的框架,并与上颌骨形成咬合关系;其正中联合、颏孔区、下颌角及髁突颈部为薄弱环节,在遭受外力时,常可单独发生或者多个部位联合骨折^[1],在颌面部骨折中发生率最高。由于遭受外力方向的不同及骨折后肌肉的牵拉作用,往往伴随出现牙龈撕裂、骨折段移位、咬合关系错乱及面部外形改变等,从而导致其诊断及治疗等变得复杂。传统 X 线平片及普通 CT 难以准确反映骨折端移位的空间位置关系^[2]。近年来,螺旋 CT 三维重建及 3D 打印技术发展迅速,并在颌面部骨折中越来越受到重视,依托三维重建及 3D 打

印技术,可以准确、直观地从不同方位及层次上反映骨折的部位、类型以及空间位置关系等^[3-4],并且还能够依据骨折的不同情况,模拟手术过程,指导术中操作等,可提高手术效率及预后效果,减少手术创伤,实现下颌骨骨折的个体化、微创化及精准化治疗体系。本文主要探讨 3D 打印技术联合三维重建在下颌骨骨折诊断及治疗中的临床价值。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选取本院 2016-09—2018-04 收治的 40 例患者作为研究对象。入选标准:患者明确诊断为下颌骨骨折,年龄 20~50 岁,骨折时间 <10 d,术前完善螺旋 CT 三维重建影像学资料,排除其他部位骨折及其他系统性疾病史,各项生命体征平稳,符合手术适应证。将 40 例患者随机分为传统手术组和联合手术组,每组 20 例。传统手术组男 11 例,女 9

*基金项目:河南省科技攻关项目(No: 201702307, 182102311118)

¹郑州大学附属郑州中心医院口腔颌面外科(郑州,450007)

²郑州大学附属郑州中心医院骨科

通信作者:吕继连, E-mail: jilianlv@163.com

例,中位年龄 30 岁;联合手术组男 14 例,女 6 例,中位年龄 28 岁。比较 2 组患者一般资料,差异无统计学意义($P>0.05$)。

1.2 手术方法

静吸复合麻醉下行鼻腔插管,参照术前螺旋 CT 三维重建的结果,根据骨折部位的不同,选择对应的手术切口入路,分离软组织及骨膜,充分暴露骨折端,复位骨折端及稳定咬合关系后行坚强内固定术。传统手术组:依据术中骨折部位及骨折线的情况,选择合适的内固定装置,依据术中骨折线两端骨外形弧度调整内固定长度并弯制成形,保证内固定装置与骨折线两端骨组织外形匹配、贴合并固定。联合手术组:依据术前螺旋 CT 影像学资料,导入拓萌医学图像软件处理,利用镜像及反求技术等复原骨折模型及设计修复后模型,并输入 3D 打印机,通过 1:1 打印出重建后的骨折模型及设计修复后个体化、精准化模型。术前模拟骨折复位过程,并依据修复后模型设计行内固定装置位置并预弯塑形,术中恢复咬合关系对位骨折线直接固定内固定装置。2 组内固定装置及颌间牵引钉植入后,检查咬合关系恢复情况,冲洗创口,并复位其骨膜与软组织,分层对其切口或者伤口进行缝合,确保缝合的质量。术后实行颌间牵引,进一步稳定咬合关系,促进骨折愈合;抗炎对症治疗,注意口腔局部护理,于术后 3 个月,对咬合、咀嚼、张口等状况进行观察记录。

1.3 评价指标

比较 2 组患者手术时间,即从手术全身麻醉开始到手术结束的时间,以分钟作为单位。骨折术后功能评价指标:①张口无疼痛,且开口度 >30 mm;②一期切口愈合效果;③咬合关系是否恢复良好;④下颌骨动度;⑤颞下颌关节稳定;⑥是否伴有局部麻木;⑦是否存在吞咽功能异常;⑧颌面部外形的对称性。符合上述指标 7 项以上者的疗效判定为优;符合 4~6 项者为良;符合指标少于 4 项者为差。采用双盲法评价,由 2 位临床医师评定。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 19.0 统计学软件进行分析。分类变量的比较采用 χ^2 检验。以 $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 手术时间

传统手术组手术时间为 90~150 min,平均(120 $\pm$ 12) min;联合手术组 60~110 min,平均(80 $\pm$ 10) min,联合手术组手术时间较传统手术组明显缩短,减少了手术创伤,手术效率得到提高。

2.2 术后恢复情况

传统手术组和联合手术组患者于术后 3 个月复查,依据术后骨折评价标准评定。联合手术组:

优 17 例(85.0%),良 2 例(10.0%),差 1 例(5.0%);传统手术组:优 9 例(45.0%),良 8 例(40.0%),差 3 例(15.0%),2 组数据相比,联合手术组术后恢复情况优于传统手术组($P<0.05$),差异有统计学意义,见表 1。

表 1 联合手术组与传统手术组术后 3 个月疗效评价例(%)

术后疗效	例数	联合手术组	传统手术组	χ^2	P
优	26	17(85.0)	9(45.0)	7.062	0.029
良	10	2(10.0)	8(40.0)		
差	4	1(5.0)	3(15.0)		
合计	40	20(100.0)	20(100.0)		

3 典型病例报告

患者,女,26 岁,因车祸致下颌骨体部骨折,专科体检:双侧颌面部不对称,张口轻度受限,上下颌牙咬合关系紊乱,咬合时左侧后牙区轻度开合伴左侧后牙区牙齿略舌倾。CT 示:下颌骨体部骨折,双侧髁状突外展移位。依据术前螺旋 CT 影像学资料,导入医学图像处理软件,利用镜像及反求技术,骨折虚拟复位,3D 打印修复后个体化模型,设计拉力螺钉定位,并打印牙-骨联合支持式导板,颞孔区骨折线设计钛板固定并预弯塑形。术后随访 3 个月,见患者上下颌牙咬合关系恢复正常。患者术前、术中及术后照片见图 1~12。

4 讨论

下颌骨呈马蹄形分布于面下 1/3 部分,位置较为突出,结构上存在一定的薄弱环节,因此在遭受外力的作用时,下颌骨最易发生骨折,据相关文献资料显示下颌骨骨折约占领骨骨折的 70%^[5]。下颌骨骨折准确诊断及治疗,依赖于术前系统完善的影像学检查,传统方法包括 X 线平片、CT 及 MRI 等^[6],由于骨折的复杂性及空间位置关系,传统的单一检查已无法满足临床需要。在追求微创、精准化医疗的大趋势下螺旋 CT 三维重建逐渐成为时代主流。三维重建可以直观、形象地从不同层次及角度反映出骨折的数量及空间位置关系^[7],从立体空间角度,使下颌骨的诊断及治疗得到进一步提高。

伴随科技进步,医疗技术数字化也不断得到发展,3D 打印技术将 3D 打印机和相应的计算机软件结合,是影像学检查的三维重建图像实体化快速成型技术^[8-9],可以在诊疗过程中实现个体化和精准化。3D 打印技术联合三维重建将影像学数字诊疗信息转化为实体诊疗信息,实现了数字化诊疗的虚拟化到现实的跨越^[10]。依据术前的三维重建信息,通过计算机软件处理,进而通过 3D 打印技术,进一步优化设计治疗方案。下颌骨骨折的治疗目标是对位骨折线、恢复正常的咬合关系及咀嚼功

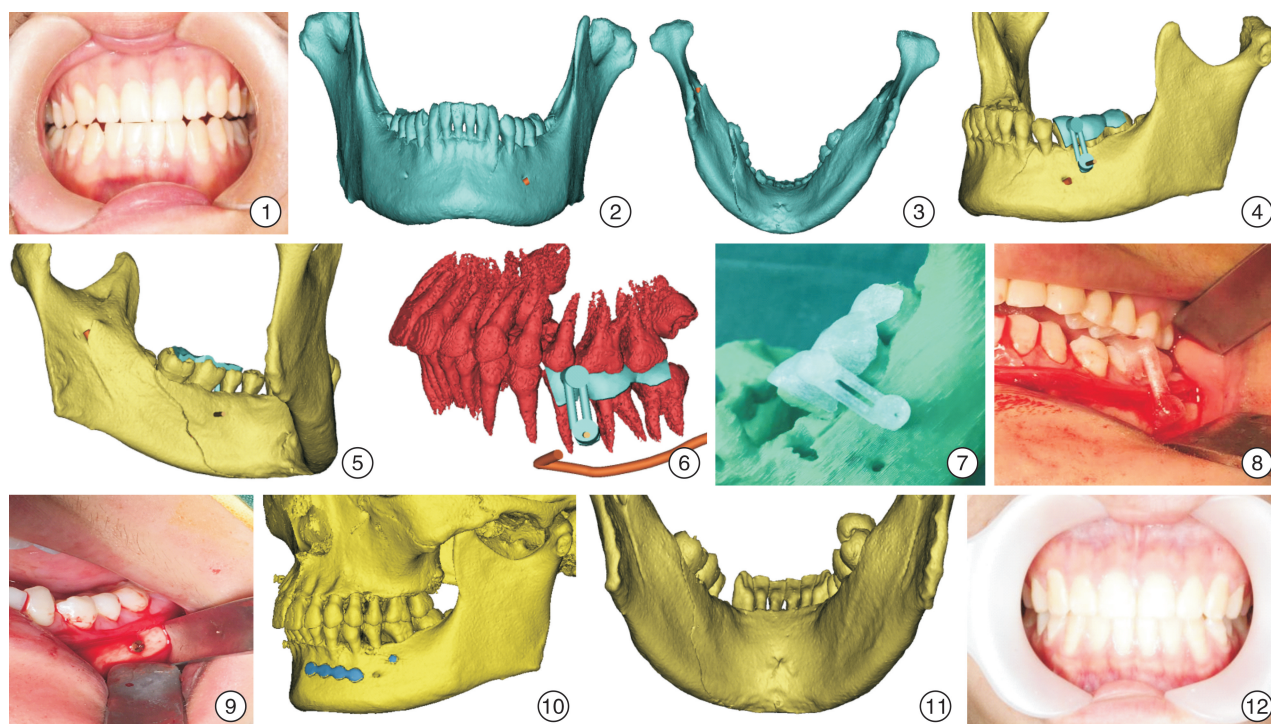


图 1 术前咬合关系；图 2、3 术前下颌骨骨折三维重建图像；图 4~6 医学处理软件上行下颌骨骨折虚拟复位后设计拉力螺钉固定并定位拉力螺钉钻孔的位置；图 7 3D 打印下颌骨骨折虚拟复位后的下颌骨模型，并打印牙-骨联合支持式复位导板；图 8、9 术中拉力螺钉复位导板放置的位置及术中效果图；图 10~12 下颌骨骨折复位固定后三维重建效果图及术后咬合关系

能。本研究中，通过三维重建联合 3D 打印技术，术前行下颌骨骨折的个体化设计，分别打印下颌骨骨折模型及设计重建修复后的模型，依据模型可以对骨折复杂情况准确地提供进一步诊断的依据，同时根据骨折情况设计骨折复位顺序、选择内固定装置及放置位置，同时在体外预先对内固定装置塑形，减少了术中操作时间，提高了手术效率，同时从术后的观察指标中可以看出，联合手术组 17 例在咀嚼功能方面包括张口度、咬合关系、下颌骨动度、颞下颌关节稳定性方面达到良好的治疗效果，而传统手术组只有 9 例恢复良好的咀嚼功能，联合手术组明显优于传统手术组 ($P < 0.05$)。三维重建联合 3D 打印技术达到术前模拟、设计以及评估术后效果的一体化，极大地提高了手术的安全性和精确性^[11]。

本研究结果表明，联合手术组无论是在手术时间还是术后功能恢复情况方面均优于传统手术组 ($P < 0.05$)。3D 打印技术联合三维重建手术模式，使虚拟化的数字化医疗向实体转化，实现了术前设计、评估及治疗的可控性，促进了下颌骨骨折的精准化治疗进程，有效恢复了正常的咀嚼功能，值得在临床工作中推广。

参考文献

- [1] SAMMAN M, AHMED S W, BESHIR H, et al. Incidence and Pattern of Mandible Fractures in the Madinah Region: A Retrospective Study[J]. J Nat Sci Biol Med, 2018, 9: 59—64.
- [2] KONO K, TANIKAWA C, YANAGITA T, et al. A Novel Method to Detect 3D Mandibular Changes Related to Soft-Diet Feeding[J]. Front Physiol, 2017, 8: 567—567.
- [3] 雷欣, 邓书海, 关崧华, 等. 螺旋 CT 三维重建和 MRI 在下颌骨髁突骨折中的临床应用比较[J]. 口腔医学研究, 2018, 4(7): 746—750.
- [4] KINRA P K, JAYAKUMAR K, SOUMITHRAN C S, et al. Comparative evaluation of bite force analytical study following mandibular osteosynthesis using three-dimensional and conventional locking miniplates[J]. Natl J Maxillofac Surg, 2017, 8: 34—40.
- [5] ZAVLIN D, JUBBAL K T, ECHO A, et al. Multi-institutional Analysis of Surgical Management and Outcomes of Mandibular Fracture Repair in Adults[J]. Craniomaxillofac Trauma Reconstr, 2018, 11: 41—48.
- [6] FISCALETTI M, COOREY C P, BIGGIN A, et al. Diagnosis of Recurrent Fracture in a Pediatric Cohort[J]. Calcif Tissue Int, 2018, 103: 529—539.
- [7] BANG K O, PANDILWAR P K, SHENOI S R, et al. Evaluation of Teeth in Line of Mandibular Fractures Treated with Stable Internal Fixation[J]. J Maxillofac Oral Surg, 2018, 17: 164—168.
- [8] LIN X, XIAO X, WANG Y, et al. Biocompatibility of Bespoke 3D-Printed Titanium Alloy Plates for Treating Acetabular Fractures[J]. Biomed Res Int, 2018, 2018: 2053486.

- dence, 1973—2002[J]. *Cancer Causes Control*, 2009, 20:525—531.
- [2] CHEN W, ZHENG R, BAADE PD, et al. Cancer statistics in China, 2015[J]. *Ca Cancer J Clin*, 2016, 66: 115—132.
- [3] REITER R J, ROSALES-CORRAL S A, TAN D X, et al. Melatonin, a Full Service Anti-Cancer Agent: Inhibition of Initiation, Progression and Metastasis[J]. *Int J Mol Sci*, 2017, 18. pii: E843.
- [4] 李岚, 徐尔理, 张征, 等. MT 与 MT 受体在成人甲状腺肿瘤中的表达及其意义[J]. *临床肿瘤学杂志*, 2007, 12(11): 843—846.
- [5] NIX P, NICOLAIDES A, COATESWORTH A P. Thyroid cancer review 1: presentation and investigation of thyroid cancer[J]. *Int J Clin Pract*, 2005, 59: 1340—1344.
- [6] ZOU Z W, LIU T, LI Y, et al. Melatonin suppresses thyroid cancer growth and overcomes radioresistance via inhibition of p65 phosphorylation and induction of ROS[J]. *Redox Biol*, 2018, 16: 226—236.
- [7] TALIB W H. Melatonin and Cancer Hallmarks[J]. *Molecules*, 2018, 23: E518.
- [8] WRIGHT M L, CUTHBERT K L, DONOHUE M J, et al. Direct influence of melatonin on the thyroid and comparison with prolactin[J]. *J Exp Zool*, 2000, 286: 625—631.
- [9] ZASADA K, KARBOWNIK-LEWINSKA M. Comparison of potential protective effects of melatonin and propylthiouracil against lipidperoxidation caused by nitrobenzene in the thyroid gland[J]. *Toxicol Ind Health*, 2015, 31: 1195—1201.
- [10] CREIGHTON J A, RUDEEN P K. Effects of melatonin and thyroxine treatment on reproductive organs and thyroid hormone levels in male hamsters[J]. *J Pineal Res*, 1989, 6: 317—323.
- [11] VRIEND J. Evidence for pineal gland modulation of the neuroendocrine-thyroid axis[J]. *Neuroendocrinology*, 1983, 36: 68—78.
- [12] BALTACI AK, MOGULKOC R. Leptin, neuropeptide Y (NPY), melatonin and zinc levels in experimental hypothyroidism and hyperthyroidism: relation with melatonin and the pineal gland[J]. *Horm Mol Biol Clin Invest*, 2018, 34—34.
- [13] LEWINSKI A, SEWERYNEK E. Melatonin inhibits the basal and TSH-stimulated mitotic activity of thyroid follicular cells in vivo and in organ culture[J]. *J Pineal Res*, 1986, 3: 291—299.
- [14] MCLEOD D S, WATTERS K F, CARPENTER A D, et al. Thyrotropin and thyroid cancer diagnosis: a systematic review and dose-response meta-analysis[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2012, 97: 2682—2692.
- [15] REN W, LIU G, CHEN S, et al. Melatonin signaling in T cells: Functions and applications[J]. *J Pineal Res*, 2017, 62—62.
- [16] LIU J, CLOUGH S J, HUTCHINSON A J, et al. MT1 and MT2 Melatonin Receptors: A Therapeutic Perspective[J]. *Annu Rev Pharmacol Toxicol*, 2016, 56: 361—383.
- [17] 亢晓彬, 马勇, 魏伟. 成人肝癌组织 MT 受体的表达和结合特性[J]. *中国药理学通报*, 2010, 26(2): 174—177.
- [18] LAI L, YUAN L, CHENG Q, et al. Alteration of the MT1 melatonin receptor gene and its expression in primary human breast tumors and breast cancer cell lines[J]. *Breast Cancer Res Treat*, 2009, 118: 293—305.

(收稿日期: 2019-03-05)

(上接第 1059 页)

- [9] 查洋, 吕威, 高雅丽, 等. 以鼻窦引流通道为关注点的断面解剖模型设计[J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2018, 32(9): 46—49.
- [10] HUNG C C, LI Y T, CHOU Y C, et al. Conventional plate fixation method versus pre-operative virtual simulation and three-dimensional printing-assisted contoured plate fixation method in the treatment of anterior pelvic ring fracture[J]. *Int Orthop*, 2019, 43: 425—431.
- [11] 刘洋, 马湘乔, 孙晓慧, 等. 基于 CT 数据的 3D 重建技术在研究额窦引流通道中的应用价值[J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2018, 32(3): 171—176.

(收稿日期: 2019-02-18)