

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2016.10.011

文章编号: 1005-8982(2016)10-0051-05

论著

## 3D 打印技术在提高 80 例应用血管化腓骨移植修复 下颌骨缺损精确度方面的临床探讨

张新风<sup>1</sup>, 董智伟<sup>2</sup>, 鲍海宏<sup>2</sup>, 李延超<sup>1</sup>, 张力<sup>2</sup>

(1. 辽宁医学院中国人民解放军沈阳军区总医院研究生培养基地, 辽宁 锦州 121001;

2. 中国人民解放军沈阳军区总医院 口腔颌面外科, 辽宁 沈阳 110016)

**摘要:目的** 探讨 3D 打印技术在提高 80 例应用血管化腓骨移植修复下颌骨缺损精确度方面所发挥的作用。**方法** 80 例下颌骨病变患者在计算机辅助设计软件上模拟完成病变切除及腓骨移植修复重建, 打印出重建后的实体模型及指导截骨和取骨塑形的数字化导板, 并根据模型预弯制重建板。术后 1 周复查 CT, 再将患者的 CT 数据导入计算机辅助设计软件, 对比实际手术与模拟手术截除的下颌骨颊舌侧与腓骨内外侧的长度误差。**结果** 实际手术截除颊侧下颌骨与模拟手术截除颊侧下颌骨误差(MB)为(0.99±1.06)mm; 实际手术截除下颌骨舌侧与模拟手术截除下颌骨舌侧误差(ML)为(1.47±1.30)mm; 实际手术截除腓骨内侧与模拟手术截除腓骨内侧误差(FM)为(1.41±0.97)mm; 实际手术截除腓骨外侧与模拟手术截除腓骨外侧误差(FL)为(1.62±1.46)mm。**结论** 3D 打印技术在血管化腓骨移植修复下颌骨缺损方面可获得较高的精度。

**关键词:** 3D 打印技术; 血管化腓骨移植; 下颌骨缺损; 数字化导板

**中图分类号:** R782.4

**文献标识码:** A

### Clinical application of 3D printing technology to improving accuracy of vascularized fibular graft for repairment of mandibular defect in 80 cases

Xin-feng Zhang<sup>1</sup>, Zhi-wei Dong<sup>2</sup>, Hai-hong Bao<sup>2</sup>, Yan-chao Li<sup>1</sup>, Li Zhang<sup>2</sup>

(1. Graduate Training Base, General Hospital of Shenyang Military Command of Chinese PLA,

Liaoning Medical University, Jinzhou, Liaoning 121001, China; 2. Department of Oral and

Maxillofacial Surgery, General Hospital of Shenyang Military Command of Chinese PLA,

Shenyang, Liaoning 110016, China)

**Abstract: Objective** To explore the role of 3D printing technology in improving accuracy of the reconstruction of mandibular defect with vascularized fibula graft in 80 cases. **Methods** For 80 cases of mandibular disease patients simulation of lesion resection and repair and reconstruction with fibular graft were completed using computer-aided design software. The entity model after reconstruction and digital guide for guidance of bone section and bone remodeling were printed out, and then reconstruction plates were made according to pre-bending of the model. The patients had CT scan again one week after operation. The patients' CT data were input to the computer-aided design software, then the lateral length errors of mandible buccal lingual side and medial and lateral fibula sides were compared between the actual operation and simulated osteotomy. **Results** The mandible buccal side error between actual surgical resection of the mandible and simulated surgery resection was (0.99 ± 1.06) mm, while the mandibular lingual side error was (1.47 ± 1.30) mm between actual and simulated surgical osteotomy of mandibula. The fibula me-

收稿日期: 2015-10-30

[通信作者] 张力, E-mail: 13309882712@163.com; Tel: 024-28851333

dial side error between the actual operation excision and simulated surgical excision was  $(1.41 \pm 0.97)$  mm, while the fibula lateral error between the actual operation excision and simulated surgical excision was  $(1.62 \pm 1.46)$  mm.

**Conclusions** The use of 3D printing technology can obtain high accuracy in the reconstruction of mandibular defect with vascularized fibula graft.

**Keywords:** 3D printing technology; vascularized fibular graft; mandibular defect; digital guide

下颌骨缺损的修复重建一直是国内外口腔颌面外科医师研究的热点问题之一<sup>[1-2]</sup>。下颌骨缺损修复重建的方法有很多种,血管化腓骨移植是目前临床应用较多且效果较好的一种。1989年 HIDAGO<sup>[3]</sup>首次报道带血管蒂的腓骨组织瓣游离移植修复下颌骨缺损,此后该方法在下颌骨缺损的修复重建中得到广泛应用<sup>[4]</sup>。腓骨组织瓣具有以下优点<sup>[5]</sup>:①可携带皮岛和肌肉,可同时修复软硬组织缺损;②腓骨瓣骨量充足,可提供 20~26 cm 的长度;③供区并发症较少,对肢体功能影响小等。但在实际手术时仍存在腓骨塑形难度大、手术耗时长等问题。20 世纪 80 年代,3D 打印技术的出现很好地解决了这些问题,特别是设计制造出的数字化导板的应用,国内外已有多篇关于 3D 打印技术应用于血管化腓骨移植修复下颌骨缺损临床报道<sup>[6-7]</sup>。但对于 3D 打印技术应用于血管化腓骨修复下颌骨缺损的精确度研究却很少报道,本文将对其术前设计和术后修复效果的精确度进行初步研究。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取 2014 年 01 月 -2015 年 10 月就诊于沈阳军区总医院口腔颌面外科,因下颌骨良恶性病变行下颌骨切除后,应用血管化腓骨移植修复患者 80 例。其中,男性 43 例,女性 37 例。年龄 23~68 岁,平均 45 岁。所选患者的病变切除范围均未超过下颌骨中线。

### 1.2 手术方法

**1.2.1 虚拟手术与模型外科** 通过 Philips Light Speed 256 排螺旋 CT 扫描仪(层厚 0.625 mm,螺距为 1.5 mm)扫描,将患者的下颌骨及小腿平扫,再对小腿进行动脉造影。用超声多普勒血流仪检测一侧胫前、胫后及腓动、静脉的血管直径和血流情况,并在体表标记出腓动脉穿支。将患者的 CT 扫描数据以 DICOM 格式导入 Mimics 10.0(Materialise 公司,比利时)软件,通过图像分割、模拟切割肿瘤(切割平面的厚度设置与手术截骨的摆锯厚度一致)、镜像、设计截骨导板等程序后,将一侧腓骨数据以 STL 格式导

入下颌骨重建窗口,截骨位置均设计在外髁 8 cm 以上,调试塑形并通过 Geomagic studio 2013(Geomagic 公司,美国)软件设计腓骨取骨塑形导板。再将数据以 STL 格式导入快速成型机,通过激光快速成型 FDM(熔融沉积技术)制造出模拟手术重建的下颌骨模型及数字化导板。根据实体模型进行模型外科,明确重建板预留在下颌骨残端上孔钉的数量(通常为 3 孔 3 钉)及位置,完成重建板的预弯制。最后将重建板和数字化导板进行消毒,待术中使用。

**1.2.2 手术过程** ①下颌骨原发病灶切除:一组医生按照术前设定 2 枚螺钉固定截骨导板,进行下颌骨病变的切除。常规预备 1 根动脉和 2 根静脉供吻合。②腓骨瓣制取:另一组医生同时行腓骨瓣的制备。根据术前设计切口线进行切开,寻找适合的穿支血管,沿穿支血管寻找腓动脉及伴行静脉。根据移植骨段长短用 1~2 枚螺钉固定取骨塑形导板,进行截骨、塑形后备用。③下颌骨重建:将已完成塑形的腓骨瓣断蒂并转移至受区进行显微血管吻合术,重建血循环。根据术前预弯制重建板预留的孔钉数量初步定位重建板于下颌残端上,然后根据重建板预弯的形状精细调整重建板与下颌骨残端的关系,与下颌骨紧密贴合后,钛钉固定,完成下颌骨缺损重建。

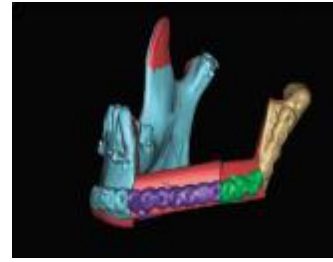
### 1.3 统计学方法

每个患者术后 7 d 复查 CT,数据以 STL 格式与术前 CT 同时导入 Mimics 10.01,使术前术后下颌骨自动重叠,显示出术前设计的截骨导板,将移植的腓骨与下颌骨的左侧和右侧分离后,依次测量下颌骨颊侧(mandibular buccal,MB)和舌侧(mandibular lingual,ML)误差最大值;腓骨的内侧面(fibula medialis,FM)和外侧面(fibula lateral,FL)截骨误差最大值。采用 SPSS 19.0 统计软件进行数据分析,对下颌骨颊侧和舌侧截骨误差、腓骨内侧面和外侧面截骨误差分别用配对 *t* 检验进行比较, $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

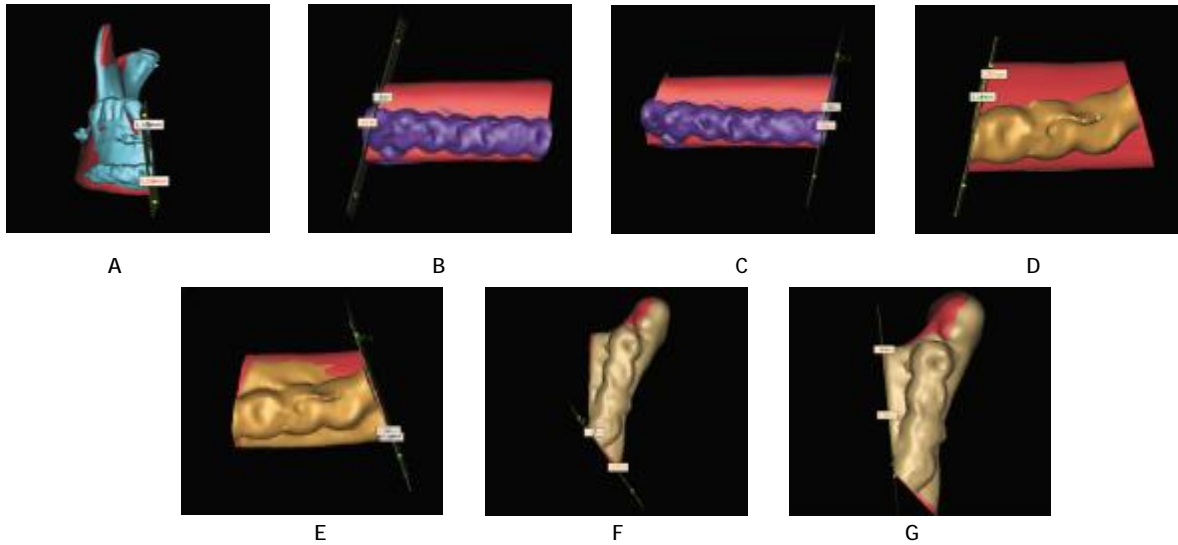
## 2 结果

所有手术按照模拟手术设计成功完成,腓骨瓣均成活。患者颜面部左右对称,全部患者供区切口恢

复良好,均未出现局部麻木、踝关节不稳定等并发症。使术前术后下颌骨自动重叠(见图 1)。实际手术截除颊侧下颌骨与模拟手术截除颊侧下颌骨误差(MB)为(0.99 ± 1.06)mm,实际手术截除下颌骨舌侧与模拟手术截除下颌骨舌侧误差(ML)为(1.47 ± 1.30)mm;实际手术截除腓骨内侧与模拟手术截除腓骨内侧误差(FM)为(1.41 ± 0.97)mm,实际手术截除腓骨外侧与模拟手术截除腓骨外侧误差(FL)为(1.62 ± 1.46)mm。各个部位的截骨见图 2。



红色是术前模拟重建图像,其他颜色是术后重建图像  
图 1 术前术后下颌骨重叠图像



A: 术前设计截骨导板后测得 MB 最大值是 1.10,ML 最大值是 0.08 mm;B: 术前设计截骨导板后测得 FM 最大值是 2.43 mm,FL 最大值是 1.21 mm;C: 术前设计截骨导板后测得 FM 最大值是 0.91 mm,FL 最大值是 0.85 mm;D: 术前设计截骨导板后测得 FM 最大值是 1.14 mm,FL 最大值是 1.83 mm;E: 术前设计截骨导板后测得 FM 最大值是 0.55 mm,FL 最大值是 0.32mm;F: 术前设计截骨导板后测得 MB 最大值是 1.29 mm,ML 最大值是 1.97 mm;G: 术前设计截骨导板后测得 MB 最大值是 0.58 mm,ML 最大值是 1.14 mm

图 2 各个部位的截骨误差

### 3 讨论

下颌骨对于人类咀嚼、吞咽和呼吸等功能起着重要作用。下颌骨缺损对患者的生存质量有严重的影响,对于下颌骨的缺损进行修复重建一直是研究的热点问题之一。下颌骨缺损修复重建的方法有很多种,包括自体骨移植、异体(种)骨移植和生物材料等。异体(种)骨移植容易发生慢性免疫排斥反应。生物材料因临床操作困难、效果不稳定等原因,不被临床广泛使用。随着显微外科在口腔颌面外科的应用与发展,自体血管化腓骨移植技术日趋成熟,其显示出诸多优点。但腓骨的塑形难度大、手术耗时长、并且要求临床医生有高超的临床技术与良好的审美。近年来,3D 打印技术在下颌骨重建、正颌外科、颌面部创伤和颞下颌关节重建等诸多领域得到广

泛应用<sup>[8-11]</sup>。在下颌骨重建方面特别是数字化导板的应用,很好地解决了截骨和取骨塑形等问题,并使血管化腓骨移植修复下颌骨缺损的手术日臻简化、精确化。但实际手术操作中如何才能精确地按照模拟手术进行,主要取决于下颌骨截骨的精确性、腓骨截骨的精确性、正确的设计和应用数字化导板以及精确的预弯制重建板等。

#### 3.1 下颌骨截骨的精确性

准确设计截骨线是保证精确截骨的第一步。截骨线的设计首先要结合头颅实体模型、CT 及 CBCT 等影像学资料以及肿瘤的性质、临床检查等多方面因素。头颅实体模型在计算机辅助外科中发挥着不可替代的作用,为截骨线的设计提供了实体依据,据 ARIVER 等<sup>[12]</sup>报道,头颅模型的准确性与 CT 扫描参数有关,扫描像素越小,准确性越高,图像及模型不

会失真。何冬梅等<sup>[13]</sup>也报道,CT 螺旋扫描层厚 2 mm,螺距为 1.5 mm 和 1.0 mm,重建头颅模型误差为 0.54% (0.05 mm)。本研究中螺旋 CT 扫描厚度为 0.625 mm,螺距为 1.5 mm 和 1.0 mm,充分保证了头颅模型的精确度。其次也要将影像学(如 CT 及 CBCT)等资料为数据源导入计算机辅助设计软件,逐层观察病变范围,并测量与截骨线之间的距离,避免切破肿瘤,保证有足够的肿瘤安全边界,又要保证保留最多的健康组织。对下颌骨颊侧和舌侧截骨误差用配对  $t$  检验,结果发现,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),下颌骨舌侧的截骨误差大于颊侧误差。这是由于下颌骨舌侧不容易直视观察,造成实际的截骨方向与模拟手术设计的截骨方向不一致,形成截骨角度造成误差。为了避免形成截骨角度误差,术前术者应根据模型及三维重建图像仔细观察测量下颌骨舌侧的截骨位置及截骨角度。在导板设计方面,可以根据手术方式和手术部位暴露等情况将引导摆锯入位的槽边缘尽可能地设计制作得高一些,充分引导摆锯以正确的角度入位。

### 3.2 腓骨截骨的精确性

精确地截取腓骨首先要保证导板准确的固定在模拟手术设计的部位。腓骨长骨形态较规则,不如下颌骨形态复杂,导板就位是否准确很难把握。一方面要求临床医生术前准确地了解腓骨导板就位的位置,另一方面术中尽可能地剥离骨表面的软组织,让导板固定在最贴合的部位。术前行下肢动脉的血管造影是必要的<sup>[14-15]</sup>,排除患者下肢血管的变异和栓塞性疾病<sup>[16]</sup>,避免因血管变异等情况,术中更改导板的位置。此外研究还发现,腓骨截骨的精确性与截骨塑形次数有关,截骨塑形次数越多,截骨段越短,骨段间所成的角度越大,误差就越大,骨段的截骨塑形的长度最好  $\geq 2$  cm,这样也可以为移植骨提供充足的血供,保证移植骨的成活。对于腓骨内侧面和外侧面截骨误差用配对  $t$  检验,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),腓骨内、外侧面的截骨误差无差异。

### 3.3 数字化导板和预弯制重建板的应用

数字化导板是将复杂的手术方案精确地转移到真实手术中的桥梁与纽带,保证了外科手术能够按计划精确地进行,同时也简化了手术。导板可根据病变的不同情况,设计成不同的形状,如肿瘤靠近下颌骨下缘,截骨形状就可以设计成梯形;口底癌患者,舌侧黏膜病变范围较颊侧大,设计的截骨方向可以向舌侧多倾斜一些,尽可能多地保留颊侧健康的黏

膜。这些都充分体现了数字化导板的个性化截骨。导板设计成功的关键是导板固部位骨骼的唯一性<sup>[17]</sup>,通常设计颞部及下颌角等三维生理曲度大的部位为导板的固定部位,应尽量避免下颌骨体部等骨骼形态规则的部位作为导板固定部位。术前预弯制重建板,根据术前预弯制重建板预留的孔钉数量初步定位重建板于下颌残端上,然后根据术前重建板预弯的形状精细调整重建板与下颌骨残端的关系,重建板按照术前设计的位置准确就位时,与重建后的下颌骨紧密贴合,对称地恢复了面部外形,保证了手术效果。本组病例未对重建板设计就位导板,减少了术前模拟设计的步骤和时间,节省了术中固定重建板就位导板的时间,简化了手术步骤,研究结果表明并未对手术修复效果和精确度造成明显的影响。

综上所述,计算机辅外科在血管化腓骨移植修复下颌骨缺损方面,通过数字化导板的应用,让复杂的手术方案精确的转移到真实手术中,成为计算机辅助外科技术有力的辅助工具。但本研究病例数量不多,未能对精确度进行更深入的探讨研究。其次本组实验没有一期设计种植体,因此对种植体植入精确度并未研究。

### 参 考 文 献:

- [1] MODABBER A, AYOUB N, MÖHLHENRICH S C, et al. The accuracy of computer-assisted primary mandibular reconstruction with vascularized bone flaps: iliac crest bone flap versus osteomyocutaneous fibula flap [J]. *Med Devices (Auckl)*, 2014, 16 (7): 211-217.
- [2] RODDY K A, TURIN S, JACOBS R J, et al. Advances in oncologic head and neck reconstruction: systematic review and future considerations of virtual surgical planning and computer aided design/computer aided modeling [J]. *Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2014, 67(9): 1171-1185.
- [3] HIDALGO D A. Fibula free flap: A new method of mandible reconstruction [J]. *Plast Reconstr Surg*, 1989, 84(1): 71.
- [4] HAYDEN R E, MULLIN D P, PATEL A K. Reconstruction of the segmental mandibular defect: current state of the art [J]. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*, 2012, 20(4): 231-236.
- [5] THANKAPPAN K, TRIVEDI N P, SUBASH P, et al. Three-dimensional computed tomography-based contouring of a free fibula bone graft for mandibular reconstruction [J]. *Oral Maxillofac Surg*, 2008, 66(10): 2185-2192.
- [6] HIRSCH D L, GARFEIN E S, CHRISTENSEN A M, et al. Use of computer-aided design and computer-aided manufacturing to produce orthognathically ideal surgical outcomes: A paradigm shift in head and neck reconstruction [J]. *Oral Maxillofac Surg*, 2009, 67(10): 2115-2122.

- [7] LETHAUS B, KESSLER P, et al. Reconstruction of a maxillary defect with a fibula graft and titanium mesh using CAD/CAM techniques[J]. *Head Face Med*, 2010, 6(1): 16.
- [8] ANTONY A K, CHEN W F, KOLOKYTHAS A, et al. Use of virtual surgery and stereolithography-guided osteotomy for mandibular reconstruction with the free fibula[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2011, 128(5): 1080-1084.
- [9] 王旭东. 数字化外科技术在口腔颌面领域中的应用[J]. *中华口腔医学杂志*, 2014, 49(8): 506-509.
- [10] LIM C G, CAMPBELL D I. Clucas DM: Rapid prototyping technology in orbital floor reconstruction: Application in three patients[J]. *Craniofacial Trauma Reconstr*, 2014, 7(2): 143-146.
- [11] LEVINE J P, PATEL A, SAADEH P B, et al. Computer-aided design and manufacturing in craniomaxillofacial surgery: The new state of the art[J]. *Craniofac Surg*, 2012, 23(1): 288-293.
- [12] ARIVE J F, BARKER T M, YAU Y Y, et al. Maxillofacial biomodelling[J]. *Br Oral Maxillofac Surg*, 1994, 32(5): 276-389.
- [13] 何冬梅, 张益, 张震康, 等. 三维头颅模型在口腔颌面外科的应用[J]. *中华口腔医学杂志*, 2001, 36(5): 336-337.
- [14] GARVEY P B, CHANG E I, SELBER J C, et al. A Prospective study of preoperative computed tomographic mapping of free fibula osteocutaneous flaps for head and neck reconstruction[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2012, 130(4): e542-550.
- [15] HOLZLE F, RIDTOW O, RAU A, et al. Evaluation of the vessels of the lower leg before microsurgical fibular transfer. Part II: magnetic resonance angiography for standard preoperative assessment[J]. *Br J Oral Maxillofac Surg*, 2011, 49(4): 275-280.
- [16] 李文刚, 于殿坤, 郑培惠, 等. CTA 和超声多普勒在腓骨瓣血供检测中的应用[J]. *口腔颌面外科杂志*, 2005, 15(2): 163-165.
- [17] 付军, 郭征, 王臻, 等. 多种 3-D 打印手术导板在骨肿瘤切除重建手术中的临床应用[J]. *中国重建外科杂志*, 2014, 28(3): 304-308.

(张西倩 编辑)