

## 学者介绍

Author introduction

## 上海交通大学医学院



教授、主任医师、博士生导师  
**王旭东** 博士

## WANG Xu-dong

D.D.S, M.D  
Professor,  
Chief Physician,  
Doctoral Supervisor

ORCID ID: 0000-0003-3697-4651

王旭东 (1970—), 上海交通大学医学院附属第九人民医院口腔颌面科主任。2000 年获上海第二医科大学 (现上海交通大学医学院) 医学博士学位。2001—2002 年在美国加州大学旧金山分校从事临床及研究工作。2007—2008 年以及 2013 年于美国罗切斯特大学医学中心及辛辛那提儿童医院做访问学者, 交流颌面发育的基础研究经验。并在 2016—2017 年参加美国哈佛大学医学院全球临床研究学者培训。现任中国整形美容协会精准与数字医学分会第一届理事会副会长暨颌面整复专业委员会主任委员、中华口腔医学会口腔颌面外科专业委员会委员、中国医疗器械行业协会 3D 打印医疗器械专业委员会专家委员会委员、上海市口腔医学会口腔颌面外科专业委员会副主任委员、上海市医学会数字医学专科分会秘书长及国际口腔颌面外科医师协会会员、国际内固定研究协会国际讲师。

- 主要从事先天性或后天性牙颌面畸形的正颌外科与牵引成骨治疗, 以及复杂颌面部骨及软组织缺损的微创与个性化精准修复与美容外科。先后以第一作者或通信作者发表论文 70 篇, 其中 SCI 收录论文 43 篇; 以副主编发表专著 1 部, 参编专著 7 部 (其中英文 1 部)。开发多项新型个性化医疗器械并获国家发明专利授权。主持在研或完成国家自然科学基金课题及省部级课题等 8 项, 参与在研或完成国家重点研发计划项目 (增材制造方向) 及国家高技术研究发展计划 (“863” 计划) 子课题等 10 项。2004 年入选上海市青年科技启明星计划, 2005 年入选上海市优秀青年医学人才培养计划, 2007 年提名上海市卫生系统银蛇奖。

## WANG Xu-dong

born in 1970, director of Department of Oral and Craniomaxillofacial Surgery, Shanghai Ninth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine. He got his M.D from Shanghai Second Medical University in 2000, and then spent one year for fellowship in the Department of Oral and Maxillofacial Surgery in the University of California at San Francisco (UCSF) from 2001 to 2002. He also visited the University of Rochester Medical Center from 2007 to 2008 and Cincinnati Children's Hospital in 2013, focusing on the basic research of craniofacial development. He completed the China Leadership in Medicine Bridge Clinical Scholars Research Training Program at the Harvard Medical School from 2016 to 2017. He is vice-chairman of Branch of Precision and Digital Medicine of Chinese Association of Plastics and Aesthetics (BPDMCAPA), chairman of Specialized Committee of Craniomaxillofacial Reconstruction of BPDMCAPA, a committee member of Branch of Oral and Maxillofacial Surgery of Chinese Stomatological Association, a member of Experts of Specialized Committee of 3D Printing Medical Devices of China Association for Medical Devices Industry. He is also vice-chairman of Branch of Oral and Maxillofacial Surgery of Shanghai Stomatological Association, secretary general of Branch of Digital Medicine of Shanghai

Medical Association, a member of International Association of Oral and Maxillofacial Surgeons, an international lecturer of Association for the Study of Internal Fixation (AO/ASIF).

- Dr. WANG has a very deep understanding of orthognathic surgery and distraction osteogenesis of congenital or acquired dento-maxillofacial deformities, minimally invasive with personalized precision repairment and aesthetic surgery of complex bone and soft tissue defects in maxillofacial region, etc. He has published 70 academic articles, one monograph as deputy editor and seven joint monographs. He has developed a number of new types of personalized medical devices, which obtained National Invention Patent rights. He has presided over (researching or completed) eight scientific research projects including National Natural Science Foundation of China and provincial level projects, etc. He has also participated (researching or completed) 10 scientific research projects including National Key R&D Program of China (research fields: additive manufacturing) and subprojects of National High-tech R&D Program of China (863 Program), etc. He was nominated in “Shanghai Rising-Star Program” in 2004, “Shanghai Outstanding Young Medical Talent Training Program” in 2005 and “Shanghai Foundation for Eminent Youth Award of Health Care System” in 2007.



## 论著·临床研究

## 逆向工程技术在腓骨瓣修复复杂下颌骨缺损中的应用

沈舜尧<sup>1,2</sup>, 柳稚旭<sup>1,2</sup>, 姜腾飞<sup>1</sup>, 余婧爽<sup>1,2</sup>, 袁 灏<sup>1,2</sup>, 张 雷<sup>1,2</sup>, 史 俊<sup>1,2</sup>, 王旭东<sup>1,2</sup>

1. 上海交通大学医学院附属第九人民医院口腔颌面外科, 上海 200011; 2. 国家口腔疾病临床医学研究中心, 上海市口腔医学重点实验室, 上海市口腔医学研究所, 上海 200011

**[摘要]** **目的**·采用逆向工程技术原理, 设计制作截骨导板应用于腓骨瓣修复下颌骨缺损。**方法**·选取 5 例复杂下颌骨缺损患者作为研究对象, 在其三维打印的下颌骨重建模型上预先弯制重建钛板, 通过 CT 扫描重建下颌骨、钛板、钛钉的三维图像, 采用面-面配准的技术逆向回原始下颌骨及腓骨表面, 制作带有重建钛板钉孔空间位置的截骨导板。在术中, 通过截骨导板截骨并确定重建钛板固定位置, 完成多节段腓骨瓣的精确拼接。**结果**·5 例患者均获得满意的临床疗效; 术前设计与实际手术的截骨误差可以满足临床应用, 其中最大误差为  $(3.53 \pm 2.33)$  mm, 角度误差为  $3.31^\circ \pm 1.48^\circ$ 。**结论**·采用逆向工程技术原理设计的腓骨瓣截骨导板可以满足临床使用的要求, 临床疗效满意。

**[关键词]** 逆向工程技术; 游离腓骨瓣; 下颌骨缺损; 虚拟设计

**[DOI]** 10.3969/j.issn.1674-8115.2019.09.019 **[中图分类号]** Q78 **[文献标志码]** A

## A "Reverse" approach for the reconstruction of mandibular defect using fibular flap

SHEN Shun-yao<sup>1,2</sup>, LIU Zhi-xu<sup>1,2</sup>, JIANG Teng-fei<sup>1</sup>, YU Jing-shuang<sup>1,2</sup>, YUAN Hao<sup>1,2</sup>, ZHANG Lei<sup>1,2</sup>, SHI Jun<sup>1,2</sup>, WANG Xu-dong<sup>1,2</sup>

1. Department of Oral and Craniomaxillofacial Surgery, Shanghai Ninth People's Hospital, College of Stomatology, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200011, China; 2. National Clinical Research Center for Oral Diseases; Shanghai Key Laboratory of Stomatology &amp; Shanghai Research Institute of Stomatology, Shanghai 200011, China

**[Abstract]** **Objective**·To design osteotomy templates for the construction of mandibular defect by using fibular flap in a reverse engineering technique approach. **Methods**·Five patients with mandibular defect were enrolled and their treatments were designed in a three-dimensional (3D) virtual planning software package. The 3D printing model with shaped reconstruction plate and titanium-screws were under CT scanning and the image was reconstructed and registered back to the original mandible and fibula in a surface-best-fit method. Then the osteotomy template with screw holes of shaped reconstruction plate was designed and fabricated. The reconstruction of mandible with multiple fibular segments was guided by the osteotomy template. **Results**·All the five patients were discharged successfully with satisfied outcome. The deviation between virtual plan and actual results were calculated: max deviation  $(3.53 \pm 2.33)$  mm and the angle deviation  $3.31^\circ \pm 1.48^\circ$ . **Conclusion**·The accuracy of the osteotomy template is satisfied and can be applied to the clinical use.

**[Key words]** reverse engineering; free fibular flap; mandibular defect; virtual planning

下颌骨是构成面下 1/3 形态的骨性基础, 是颌面部唯一可以活动的骨骼, 下颌骨髁突还参与颞下颌关节的构成。下颌骨也是牙齿、舌、咀嚼肌群等重要器官和组织的支撑结构, 参与和行使咀嚼吞咽和言语等口腔功能。肿瘤切除、外伤、感染等因素造成的下颌骨缺损会对患者造成面部畸形以及咀嚼、言语等功能障碍<sup>[1]</sup>。血管化骨移植是

目前临床上应用广泛的下颌骨缺损修复方法, 其供区以腓骨<sup>[2]</sup>、髂骨<sup>[3]</sup>和肩胛骨<sup>[4]</sup>为主。其中腓骨又因具有血供稳定、骨量充足、可多点截骨塑形, 操作简单且并发症少, 以及适合 2 组同时手术等优点而应用<sup>[5]</sup>。多年以来, 采用虚拟手术计划制作腓骨的截骨导板以及就位导板一直是口腔颌面外科、整形外科医师比较认可的技术手段<sup>[6]</sup>, 但以

**[基金项目]** 上海市申康医院发展中心临床创新三年行动计划 (16CR3019A); 上海交通大学医学院附属第九人民医院临床研究助推计划 (201618006); 上海交通大学医工交叉重点项目 (YG2017ZD03); 上海市教育委员会高峰高原学科建设计划 (口腔医学) (人才引进-2018); 上海市卫生计生委智慧医疗专项研究项目 (2018ZHYL0208); 上海市科学技术委员会“科技创新行动计划”政府间国际科技合作项目 (18410712000); 上海市科学技术委员会科研计划项目 (15411967400, 16441904903) (Clinical Research Plan of SHDC, 16CR3019A; Clinical Research Program of Shanghai Ninth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, 201618006; the Interdisciplinary Program of Shanghai Jiao Tong University, YG2017ZD03; Shanghai Municipal Education Commission—Gaofeng Clinical Medicine Grant Support (Stomatology); Smart Medical Special Research Project of Shanghai Municipal Commission of Health and Family Planning, 2018ZHYL0208; Intergovernmental International Science and Technology Cooperation Project of Shanghai Science and Technology Commission—"Science and Technology Innovation Action Plan", 18410712000; the Scientific Program of Science and Technology Commission of Shanghai Municipality, 15411967400, 16441904903)。

**[作者简介]** 沈舜尧 (1987—), 男, 硕士, 住院医师; 电子信箱: lecomtedessy@hotmail.com。

**[通信作者]** 王旭东, 电子信箱: xudongwang70@hotmail.com。

往研究中存在的多种因素可能导致手术设计与实际手术效果间的差异。本研究利用逆向工程技术的原理,在三维打印的下颌骨重建模型上预先弯制重建钛板,将重建板钉道的准确空间位置转移到腓骨截骨导板,可实现多节段腓骨瓣的精确拼接,提高实际手术的准确性。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

本研究回顾了2016年1月—2018年12月,在上海交通大学医学院附属第九人民医院口腔颌面科行腓骨瓣重建下颌骨缺损的患者资料,共5人。纳入标准:①因切除肿瘤、创伤、感染等造成的下颌骨缺损。②缺损范围包括髁突在内的不超过中线半侧下颌骨。③腓骨重建范围包括下颌体部、下颌角、下颌支。排除标准:①有精神心理疾病者。②全身系统性疾病者。所有患者均已签署知情同意书。

### 1.2 手术方案

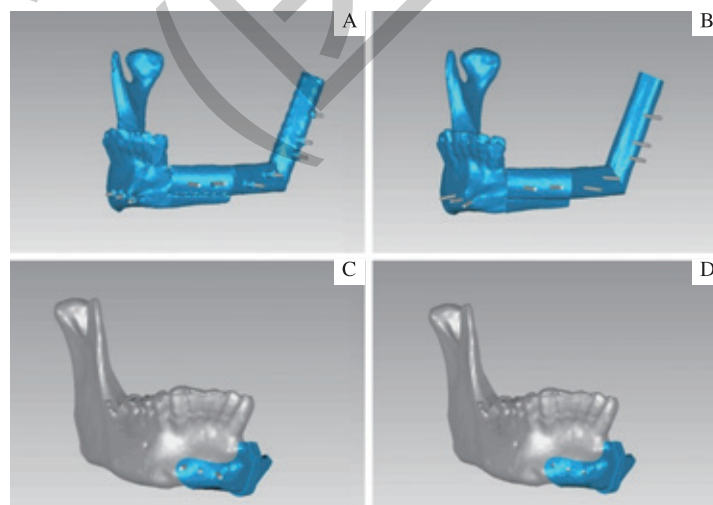
在手术前1个月(T0)分别对所有入选对象进行CT扫描(Philips Brilliance 64排螺旋CT,荷兰),扫描层厚1.25 mm,像素矩阵 $512 \times 512$ ,球管电压120 kV,球管电流120 mA;将获得的头颅CT以及下肢数据,以DICOM格式导入医疗手术模拟软件Materialise ProPlan CMF 2.0(Materialise,比利时)。在Materialise ProPlan CMF 2.0中以“250HU-3071HU”进行阈值分割,Quality参数为“High”,运行“Calculate”命令获得三维重建模型。在Reconstruction模块中将腓骨分为3段分别重建患者缺损侧的下颌缺牙区、下颌角以及下颌支。半侧下颌骨重建后,

因为髁突位置对于运动功能的保留极为重要,所以首先根据缺损侧关节窝的位置以及健侧镜像下颌支的影像,重建患者缺损侧下颌支;其次结合下颌骨外形对称及远期义齿修复的需求,依次重建下颌角和下颌缺牙区。

### 1.3 逆向工程技术制作截骨导板

将重建后的下颌骨以STL(standard template library,标准模板库)格式输入3D打印机(3D System ProJet3510s, 3D Systems, 美国)制作下颌骨重建模型。在下颌骨重建模型上预先弯制重建板,并用钛钉固定。将三维打印的下颌骨模型连同重建板、钛钉行CT扫描(扫描参数同1.2手术方案),再将扫描后的数据导入Materialise ProPlan CMF 2.0中重建获取三维图像。

在3-Matic软件(Materialise,比利时)中进行手术截骨导板的设计。将扫描获取的三维打印下颌骨三维影像以STL格式导入3-Matic软件中,设计直径为2 mm、长10 mm的圆柱体作为钛钉的替代体,沿钛钉的长轴将圆柱体放置到下颌骨模型表面(图1A)。将圆柱体与三维打印下颌骨图像连接后,根据面-面配准(surface-best-fit method)原理,将三维打印下颌骨图像配准至虚拟手术设计的重建下颌骨模型上,此时圆柱体就自动移动到下颌骨图以及设计的腓骨段表面(图1B)。同理,将腓骨段表面的圆柱体和各腓骨段连接后,配准至原始的腓骨(图2A)。各个圆柱体作为钛钉的替代体就被逆向回手术设计所需位置。根据手术要求在下颌骨(图1C)及腓骨上设计截骨导板(图2B),注意截骨导板须覆盖所有圆柱体,使用布尔运算就可以在截骨导板上定位重建板的钉孔位置(图1A、图2C)。

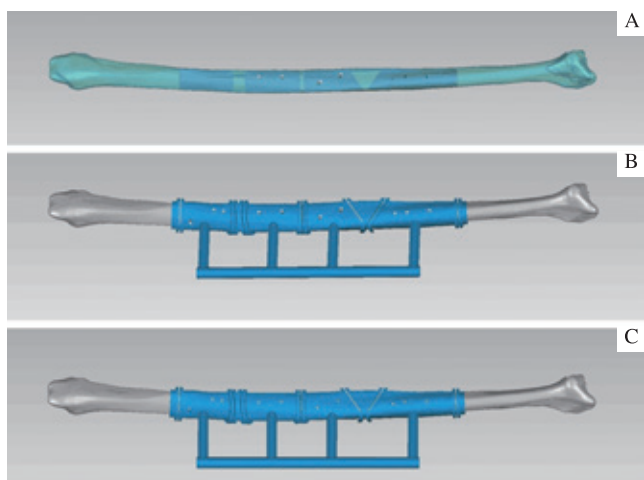


注: A. 三维打印的下颌骨连同钛钉的三维图像; B. 用圆柱体替代钛钉,与设计骨段连接; C. 将圆柱体和下颌骨配准回原始下颌骨; D. 下颌骨截骨导板

图1 逆向工程技术设计下颌骨截骨导板

Fig 1 Planning of mandibular cutting template by using reverse engineering technique





注: A. 将各个腓骨段逆向回原始腓骨; B. 链接钉道的腓骨截骨导板; C. 腓骨截骨导板成品

图2 逆向工程技术设计腓骨截骨导板

Fig 2 Planning of fibula cutting template by using reverse engineering technique

## 1.4 手术实施

术中, 手术医生分别将截骨导板与下颌骨、腓骨表面贴合后, 固定截骨导板, 根据设计要求, 进行截骨后取下截骨导板和固定钛钉, 此时各个腓骨段以及下颌骨上遗留的钉孔就是重建板固定所需的钉孔<sup>[7]</sup>。将腓骨瓣断蒂后, 移至受区, 手术医生只需用螺钉将各个腓骨骨段、下颌骨与重建板固定后, 就自动完成下颌骨与腓骨的拼接。

## 2 结果

### 2.1 治疗结果

本研究的5例游离腓骨瓣全部存活, 术后随访3个月~2年, 面部外形、张口度、咬合功能均正常, 受区和供区无明显并发症。游离腓骨段13~16 cm, 腓骨截为3段, 分别修复患者缺损侧的下颌缺牙区(I段)、下颌角(II段)以及下颌支(III段)。

### 2.2 结果分析

在术后2周, 患者按相同参数进行术后CT扫描, 并将获得的CT数据在Materialise ProPlan CMF 2.0软件中进行三维重建, 将手术前后的下颌骨三维图像以STL格式导入3-Matic软件。在3-Matic软件中, 定义下颌角(II段)与下颌支(III段)折角处为新下颌骨角点(gonion, Go'), 下颌支(III段)近关节窝最高点为新髁突点(condylion, Co'), 以及存留下颌骨上的颏下点(menton, Me)。分别测量虚拟设计与实际手术下颌缺牙区(I段)、下颌角(II段)以及下颌支(III段)的长度, 下颌骨宽度(Go-Go'), 下颌角角度( $\angle Co'-Go'-Me$ ), 计算两者的差值。

精度指标见表1。下颌骨形态指标: 下颌骨宽度(Go-Go')为 $(2.62 \pm 2.20)$  mm, 下颌角角度( $\angle Co'-Go'-Me$ )为 $3.31^\circ \pm 1.48^\circ$ 。

表1 虚拟设计与实际截骨的误差分析

Tab 1 Error analysis of virtual planning and surgical results

| 数值      | 下颌缺牙区(I段)       | 下颌角(II段)        | 下颌支(III段)       |
|---------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 误差范围/mm | 0.25 ~ 3.22     | 0.23 ~ 2.55     | 1.03 ~ 5.16     |
| 平均值/mm  | $2.55 \pm 2.33$ | $1.49 \pm 0.89$ | $3.53 \pm 2.33$ |

## 3 讨论

徐立群等<sup>[8]</sup>在其研究中指出下颌骨水平部在颏孔以后几乎呈直线结构, 颏孔可以作为下颌骨水平部的外形拐点。因此, 本研究近半侧下颌骨缺损设计中, 根据患者镜像下颌骨上的颏孔及下颌角, 将腓骨分为3段: 下颌缺牙区(I段)、下颌角(II段)以及下颌支(III段)。闫晋等<sup>[9]</sup>的相关研究表明, 不同性别、个体下颌骨形态的差异主要在于其结构尺寸的长短, 而非结构曲度的大小。因此, 本文选取下颌角( $\angle Co-Go-Me$ )、下颌支长(Co-Go)、下颌体长(Go-Me)、下颌骨宽度(Go-Go)这4个指标来评价下颌骨腓骨重建后的形态变化。其中, 下颌支长(Co-Go)即下颌支(III段)长度, 下颌体长(Go-Me)即下颌缺牙区(I段)、下颌角(II段)长度之和。本研究采用各腓骨段截骨的实际误差来验证逆向工程技术原理设计的截骨导板的精确性: 最大误差( $3.53 \pm 2.33$ ) mm, 最小误差( $1.49 \pm 0.89$ ) mm; 与Zhang等<sup>[10]</sup>报道数字化导板指导腓骨塑形的精度相近, 从另一方面验证了本研究具有临床实用性。另外, 本研究通过分析下颌骨宽度(Go-Go')的变化 $[(2.62 \pm 2.20)$  mm], 以及下颌角角度( $\angle Co'-Go'-Me$ )的变化( $3.31^\circ \pm 1.48^\circ$ ), 说明下颌骨整体形态没有发生明显改变。

从立体空间结构来看, 下颌骨类似不规则马蹄形, 由垂直部和水平部构成<sup>[11-12]</sup>。下颌骨水平部由下颌体部和颏部组成, 垂直部则由下颌支构成。Jewer等<sup>[13]</sup>提出将下颌骨缺损分为H、L、C共3个基本类型。其中包括髁突在内的不超过中线半侧下颌骨的缺损(H型)的修复不仅需要考虑恢复下颌骨轮廓的对称性, 又要重建下颌支的形态行使张口运动。由于手术入路的干扰, 特别是下颌支以及髁突重建的实际位置与术前计划有时会出现差异<sup>[14-15]</sup>。术前如果单纯利用三维模型预先弯制钛板, 由于术中钛钉固定时的位点多变, 以及腓骨的位置仍有不确定性等原因, 多数情况下较难精确实施术前制定的手术

计划, 需要经验丰富的外科医师来把控。随着计算机辅助医疗软件的应用, 临床上精确构建新的下颌骨形态及恢复其功能有了可能, 并可以克服术者根据临床经验估计所导致的重复性差的不足。Wu 等<sup>[16]</sup>报道利用导航探针确定下颌角和髁突的位置, 辅助定位腓骨瓣行下颌骨精确重建的经验, 其技术难点在于术前 CT 与术中的上下颌骨位置要保持一致, 术前准备比较繁琐, 不利于基层单位开展。导航的精度验证依赖于点配准方式, 不能在术中提供下颌骨切除、骨组织瓣制备、移植骨截开和塑形时用作参考的三维信息, 外科医师仍然需要依靠经验操作。

理论上塑形的分段越多, 重建下颌骨的形态越理想, 但同时会增加手术操作的难度和移植骨段缺失血供的风险。因此, 对移植腓骨的准确塑形是下颌骨重建术中的关键步骤, 也是最困难和最耗时的操作。Bahr 等<sup>[17]</sup>的研究

发现, 血管化游离腓骨瓣分段塑形后, 其髓内供血中断, 主要血供来源于血管蒂侧附着的骨膜。软件虚拟设计无法准确预计出软组织对导板侧的干扰, 术中为避免过多剥离肌袖并保留血管蒂侧的骨膜, 术中可能需要调改截骨导板使之与骨面贴合, 因此会延长手术时间或增加手术误差。目前, 利用 CAD/CAM 技术设计加工出的手术导板一般为树脂材料, 具有一定的弹性; Li 等<sup>[18]</sup>研究表明树脂导板的弹性可能会引起一定的手术误差。在本研究中, 采用重建钛板这一刚性结构将其作为手术复位导板, 当重建钛板与各骨块固定后, 即自动完成了各骨块的准确定位, 简化了颌骨重建的手术操作, 缩短了手术时间。

因此, 应用逆向工程技术原理, 设计的下颌骨、腓骨的截骨导板可以保证多节段血管化腓骨瓣精确修复下颌骨缺损, 可以使患者获得理想的下颌骨形态并保留其功能, 具有良好的临床实用性。

## 参·考·文·献

- [1] 孙坚. 口腔颌面-头颈部功能性重建[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 2012: 230-232.
- [2] 张陈平, 张志愿, 邱蔚六, 等. 口腔颌面部缺损的修复重建: 1 973 例临床分析[J]. 中国修复重建外科杂志, 2005, 19(10): 773-776.
- [3] 孙坚, 沈毅, 李军, 等. 应用 SimPlant 软件精确匹配与缺损外形吻合的髂骨肌瓣行下颌骨重建[J]. 组织工程与重建外科杂志, 2009, 5(6): 318-321.
- [4] Cornelius CP, Giessler GA, Wilde F, et al. Iterations of computer and template assisted mandibular or maxillary reconstruction with free flaps containing the lateral scapular border: evolution of a biplanar plug-on cutting guide[J]. J Craniomaxillofac Surg, 2016, 44(3): 229-241.
- [5] 张陈平, Samma N. 下颌骨重建的基础及临床[M]. 上海: 上海科技教育出版社, 2009: 93-102.
- [6] 王良, 李军, 沈毅, 等. 虚拟手术辅助的血管化腓骨肌(皮)瓣行下颌骨精确重建[J]. 中国耳鼻咽喉颌底外科杂志, 2016, 22(3): 220-224.
- [7] Yang C, Shen SY, Wu JY, et al. A new modified method for accurate mandibular reconstruction[J]. J Oral Maxillofac Surg, 2018, 76: 1816-1822.
- [8] 徐立群, 陈晓军, 袁建兵, 等. 下颌骨重建腓骨塑形板的试制与初步应用[J]. 中国口腔颌面外科杂志, 2011, 9(6): 482-486.
- [9] 闫晋, 沈国芳, 房兵, 等. 江浙沪地区正常成人颌颌面的三维 CT 测量[J]. 中国口腔颌面外科杂志, 2010, 8(1): 2-9.
- [10] Zhang L, Liu Z, Li B, et al. Evaluation of computer-assisted mandibular reconstruction with vascularized fibular flap compared to conventional surgery[J]. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol, 2016, 121(2): 139-148.
- [11] 徐立群, 张陈平, 黄耀德. 下颌骨外侧下弧线的形态学研究[J]. 中国口腔颌面外科杂志, 2003, 1(3): 40-42.
- [12] Strackee SD, Kroon FH, Jaspers JE, et al. Modeling a fibula transplant in mandibular reconstructions: evaluation of the effects of a minimal number of osteotomies on the contour of the jaw[J]. Plast Reconstr Surg, 2001, 108(7): 1915-1921; discussion 1922-1923.
- [13] Jewer DD, Boyd JB, Manktelow RT, et al. Orofacial and mandibular reconstruction with the iliac crest free flap: a review of 60 cases and a new method of classification[J]. Plast Reconstr Surg, 1989, 84(3): 391-403.
- [14] Hirsch DL, Garfein ES, Christensen AM, et al. Use of computeraided design and computer-aided manufacturing to produce orthognathically ideal surgical outcomes: a paradigm shift in head and neck reconstruction[J]. J Oral Maxillofac Surg, 2009, 67(10): 2115-2122.
- [15] Juergens P, Krol Z, Zeilhofer HF, et al. Computer simulation and rapid prototyping for the reconstruction of the mandible[J]. J Oral Maxillofac Surg, 2009, 67(10): 2167-2170.
- [16] Wu J, Sun J, Shen SG, et al. Computer-assisted navigation: its role in intraoperatively accurate mandibular reconstruction[J]. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol, 2016, 122(2): 134-142.
- [17] Bahr W. Blood supply of small fibula segments: an experiment study on human cadavers[J]. J Craniomaxillofac Surg, 1998, 26(3): 148-152.
- [18] Li B, Shen SG, Yu H, et al. A new design of CAD/CAM surgical template system for twopiece narrowing genioplasty[J]. Int J Oral Maxillofac Surg, 2016, 45(5): 560-566.

[收稿日期] 2019-02-15

[本文编辑] 邢宇洋 徐 敏