

临床研究

DOI:10.13406/j.cnki.cyx.001664

虚拟手术及 3D 打印导板在腓骨肌皮瓣修复 下颌骨缺损中的临床应用

李林林, 李 平, 李 显, 白丽云, 苏可欣, 王 超

(重庆医科大学附属口腔医院颌面外科、口腔疾病与生物医学重庆市重点实验室、
重庆市高校市级口腔生物医学工程重点实验室, 重庆 401147)

【摘要】目的:将虚拟手术及 3D 打印导板用于腓骨肌皮瓣修复下颌骨缺损, 实现下颌骨缺损的个性化精确修复, 并探讨 3D 打印导板在提高下颌骨缺损修复精确度方面所发挥的作用。**方法:**10 例下颌骨病变患者在术前模拟完成病变切除及腓骨移植重建, 设计制作 3D 打印导板, 术中应用导板重建下颌骨。术后使用图像融合技术对比实际手术与模拟手术的差异大小, 对其差异值进行统计分析。**结果:**3D 打印导板术中就位顺利, 患者面型及咬合关系恢复良好。测量结果显示 10 例患者实际手术与模拟手术最大截骨误差为 (1.57 ± 0.80) mm。**结论:**数字化 3D 打印导板应用于腓骨肌皮瓣修复下颌骨缺损, 能获得较好的精确度。使用髁突定位导板固定下颌残端, 能有效稳定患侧髁突位置, 提高重建精确度。

【关键词】3D 打印导板; 下颌骨缺损; 腓骨肌皮瓣**【中图分类号】**R782.05**【文献标志码】**A**【收稿日期】**2017-11-14

Clinical application of virtual surgery and 3D-printed plates in reconstruction of mandibular defects with fibula myocutaneous flap

Li Linlin, Ji Ping, Li Xian, Bai Liyun, Su Kexin, Wang Chao

(Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Chongqing Key Laboratory of Oral Diseases and Biomedical Science, Chongqing Municipal Key Laboratory of Oral Biomedical Engineering of Higher Education, Affiliated Stomatological Hospital of Chongqing Medical University)

【Abstract】Objective: To achieve accurate individualized reconstruction of mandibular defects with fibula myocutaneous flap based on virtual surgery and 3D-printed plates, and to explore the role of 3D-printed plates in improving the reconstructive accuracy of mandibular defects. **Methods:** The resection of mandibular lesions and reconstruction of fibular graft in 10 patients was performed using computer simulation before surgery. The 3D-printed plates were designed and produced in reconstruction of mandible during surgery. The difference between practical and simulative operations was determined using image fusion technology after surgery and the difference values were analyzed statistically. **Results:** The 3D-printed plates were successfully implanted. The features and occlusal relationship of patients were well recovered. The measurements showed that the maximum margin of error between practical and sim-

ulative osteotomy was (1.57 ± 0.80) mm. **Conclusion:** The application of digital 3D-printed plates ensure a high accuracy in reconstruction of mandibular defects with fibula myocutaneous flap. The application of condylar positioning plates in fixing residual mandible effectively stabilized condylar position on the affected side and improved the reconstructive accuracy.

【Key words】3D printing guide; mandibular defect; fibular osteo-myocutaneous**作者简介:** 李林林, Email: 1625012762@qq.com,

研究方向: 口腔颌面肿瘤学。

通信作者: 王 超, Email: wangchao_buaa@163.com。

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金资助项目 (编号: 11402042); 重庆市基础与前沿研究计划资助项目 (编号: CSTC2015jcyjA10027); 重庆市委社会民生一般资助项目 (编号: cstc2015shmszx10008); 重庆市渝北区科委重点资助项目 [编号: 2015(社)01 号]; 重庆市卫生计生委面上资助项目 (编号: 2017MSXMD73); 重庆市卫生计生委资助重点资助项目 (编号: 20141012); 重庆高校创新团队建设计划资助项目; 重庆市高校市级口腔生物医学工程重点实验室资助项目。

优先出版: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1046.r.20180503.1139.002.html>
(2018-05-03)

下颌骨缺损可由肿瘤、外伤、炎症、畸形等多原因造成,给患者带来严重的外形和功能障碍^[1]。目前如何实现下颌骨的精准、个性化修复成为颌面外科研究的新热点^[2]。1989 年 Hidalgo^[3]首次报道了腓骨皮瓣用于下颌骨骨缺损的重建。现今这项技术已经十分成熟,临床应用十分广泛^[4]。但因腓骨为无弧度的长骨,塑形难度大、手术耗时长,精确重建下颌骨难度较大。口腔数字化时代的到来很好地解决了这些问题,计算机辅助外科技术能利用先进的影像检查设备,如 CT、MRI 获得清晰的图像数据,在图像参考的基础上制定个体化和精确化的治疗方案,制作数字化导板,进行术中导航、手术效果评价等,有效减少对主观经验的依赖,减少手术时长,并且能够提高手术精确度,为下颌骨缺损重建提供新思路^[5-8]。2015 年 2 月至 2017 年 7 月,重庆医科大学附属口腔医院颌面外科收治下颌骨肿瘤病变需重建患者 10 例,术前采用数字化外科段辅助设计手术方案,制作 3D 打印导板,术中依术前设计进行手术,术后效果满意。术后对实际手术与模拟手术的截骨精度、重建形态差异及下颌骨三维空间偏移的测量。报告如下。

1 材料与方法

1.1 一般资料

10 例因下颌骨恶性肿瘤需切除病变后行下颌骨重建患者,年龄 23~56 岁,临床资料见表 1,术前均采用三维模拟手术,并应用 3D 打印技术制作导板。其中 6 例术中使用髁突固定导板固定下颌残端,记为 A 组;4 例术中未使用髁突固定导板,记为 B 组。

表 1 10 例下颌骨肿瘤患者临床资料

病例	临床诊断	年龄	性别	缺损 ^a 类型	腓骨段数
A					
1	牙源性钙化囊性瘤	39	男	Ⅳ类	2
2	成釉细胞瘤	42	男	Ⅱ类	2
3	成釉细胞瘤	31	男	Ⅲ类	3
4	成釉细胞瘤	21	女	Ⅱ类	2
5	成釉细胞瘤	65	男	Ⅳ类	2
6	成釉细胞瘤	36	女	Ⅱ类	2
B					
7	成釉细胞瘤	45	男	Ⅳ类	2
8	成釉细胞瘤	12	女	Ⅱ类	2
9	成釉细胞瘤	22	女	Ⅱ类	2
10	下颌骨软骨肉瘤	63	女	Ⅱ类	2

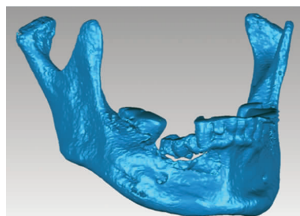
注:a,采用 Brown 分类^[11]

1.2 手术方法

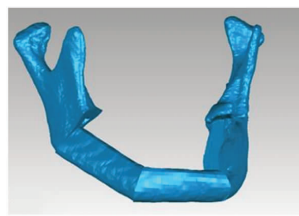
1.2.1 虚拟手术 术前行颌骨锥形束 CT(cone beam computed tomography, CBCT)检查及供区小腿 64 排 CT 扫描,并行二次小腿动静脉造影,并根据小腿血流信号确定小腿外侧的浅动静脉交通支和皮肤表面动脉血管的走行^[12]。将患者的 CT 扫描图像导入 Mimics 17.0 软件行三维立体重建,明确腓骨周围的结构关系和下颌骨的缺损情况,并利用 3D 图像模拟肿瘤切除,确定切割的平面、手术路径以及截骨厚度等,由健侧残端下颌骨利用镜像技术重建患侧下颌骨(图 1)。目前临床上可根据下颌骨弧度以及下颌骨与数据库对比结果确定骨缺损的范围,并根据具体情况选择合适的填充骨。模拟手术要考虑供区及受区的血管解剖,每个腓骨骨段长度不小于 1.5~2.0 cm;要考虑肿瘤的边界,保留安全距离。然后将下颌骨和腓骨三维重建数据以 STL 格式导入软件设计导板,并利用 3D 打印技术快速制作出立体模型,如图 2 所示。



A. 术前 CBCT 影像

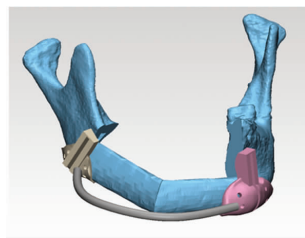


B. 术前三维重建

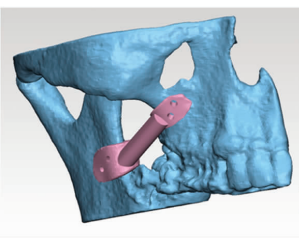


C. 虚拟手术效果

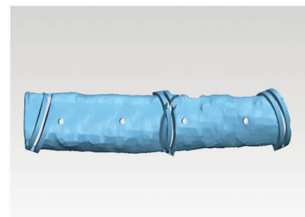
图 1 术前虚拟手术模拟



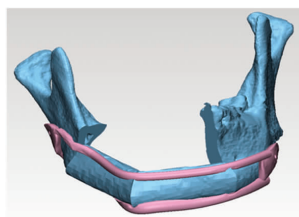
A. 颌骨截骨导板



B. 髁突固定导板



C. 腓骨截骨导板



D. 颌骨成型导板

图 2 术前数字化导板设计

1.2.2 手术过程 首先于健侧上下颌骨植入颌间牵引钉以确定咬合关系。①下颌骨原发病灶切除:A 组患者在固定截骨导板前,先于下颌残端固定髁突定位导板,再进行下颌骨病变的切除;B 组则固定截骨导板后直接进行病灶切除,但要注意尽可能保留局部血管以便皮瓣的动静脉吻合。②腓骨瓣制取:根据术前设计的手术路径进行操作,主要保护穿支血管、局部动静脉以及神经。待充分暴露腓骨后,放置骨塑性导板,并用 1、2 枚螺钉行局部固定,随后进行截骨、塑性等操作。③下颌骨重建:将塑性完成的腓骨肌皮瓣进行游离、断蒂,随后放置于下颌骨缺损处,并利用显微技术吻合局部血管。测试吻合血管血流通畅后,使用 2 枚钛钉将颌骨成形导板固定于下颌骨两侧断端,在颌骨成形导板的引导下腓骨瓣顺利就位,完成下颌骨缺损重建(图 3)。

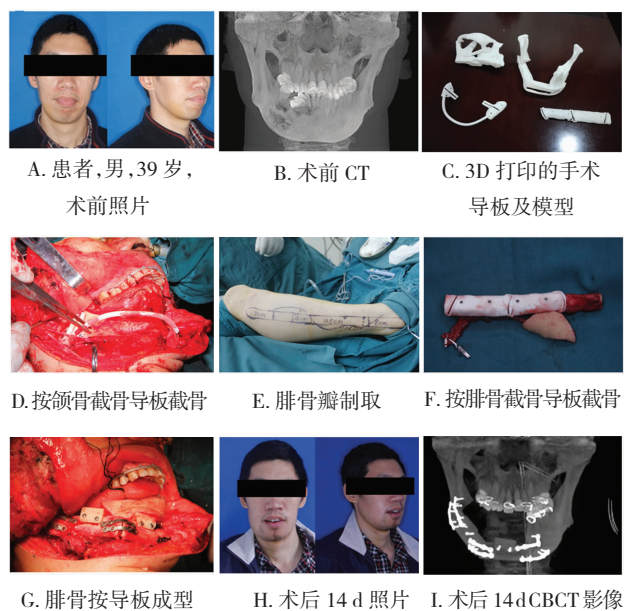


图 3 典型病例:牙源性钙化囊性瘤 1 例

2 结果

2.1 随访结果

10 例手术均顺利完成,且与术前设计结果基本一致。术中 3D 导板就位顺利,病变范围和术前模拟一致。术后腓骨肌皮瓣顺利成活,咬合关系良好。术后 1、3、6、9、12 个月随访,随访结果表明患者均未出现肿瘤复发及死亡,复查 CBCT 结果显示重建区域形态良好,内固定无松动,开口度 2、3 指,双侧颞下颌关节区无不适,动度一致。10 例患者供区小腿腓骨创面愈合良好,术后 3 个月患者已基本能够正常行走。6 例患者对术后颜面部外形满意,4 例患者对术后颜面部外形基本满意。1 位患者术后半年进行了附着龈移植手术,预备行种植修复。

2.2 重建精确度测量

患者于术后 2 周复查 CBC,数据以 STL 格式与术前下颌骨模拟三维重建图在 Geomagic Control 2016 内行图像融合,通过特定基准点如髁突、喙突、余留牙、颏前点进行配准。可直观看到患者术前模拟与术后三维图像的重合程度,软件生成其整体 3D 偏移数据。使用 Geomagic Control 2016 软件对术前模拟和术后三维图像各分段进行切割,将移植的腓骨与下颌骨的左侧和右侧分离后,再将各分段图像分别进行融合,软件生成其各分段的 3D 偏移数据(图 4)。

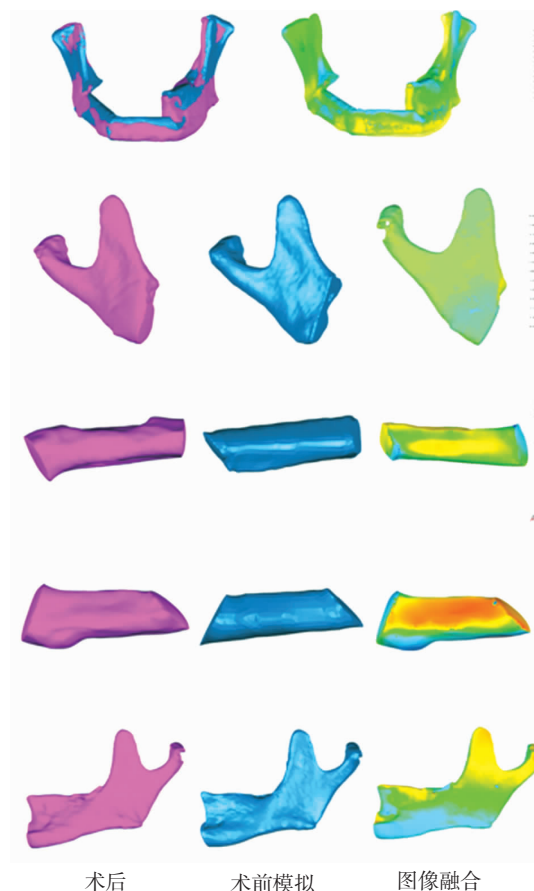


图 4 图像融合及 3D 偏移测量

2.2.1 截骨精确度测量 使用 Geomagic Control 2016 软件对术前术后模拟图像各分段进行切割,将移植的腓骨与下颌骨的左侧和右侧分离后,再将各分段图像分别进行融合,依次测量下颌骨颊侧和舌侧误差最大值;腓骨的内侧面和外侧面截骨误差最大值,记录此例病例截骨误差最大值(图 5)。



图 5 下颌骨段颊侧、舌侧误差最大值及腓骨的内、外侧面截骨误差最大值的测量

2.2.2 三维形态偏差和髁突偏移测量 分别在术前术后三维模型上测量以下指标并计算差值。①下颌升支长度:髁顶点(Co)与下颌角点(Go)距离(图 6A);②下颌角:下颌角点(Go)和髁顶点(Co)连线与下颌平面的交角(图 6B);③下颌体长度:下颌角点(Go)与经过颞顶点(Gn)的冠状平面的垂直距离(图 6C);④髁突间距:双侧髁顶点(Co)间距(图 6D);⑤双侧下颌角间距:双侧下颌角点(Go)距离(图 6D)。

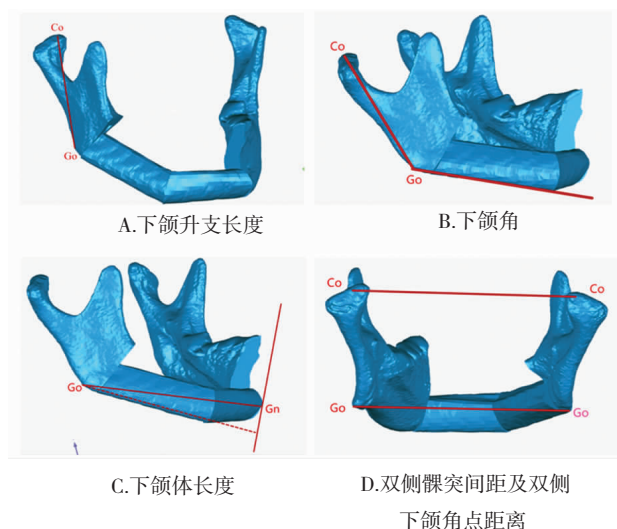


图 6 三维形态偏差和髁突偏移测量

2.2.3 测量结果 实际手术截骨与模拟手术截骨最大误差为 (1.57 ± 0.80) mm,显示出较高的截骨精确度。腓骨段术前模型和术后模型平均 3D 偏差为 (1.14 ± 0.91) mm,颌骨段平均 3D 偏差为 (0.58 ± 0.35) mm。整体 3D 平均 3D 偏差为 (1.39 ± 0.63) mm。A 组双侧髁突间差值为 1.20~3.32 mm,下颌角间距差值为 0.25~5.83 mm,患侧下颌体长差值为 0.57~3.36 mm,患侧下颌升支长度差值为 0.00~3.02 mm,患侧下颌角差值为 $0.0^\circ \sim 3.0^\circ$; B 组双侧髁突间差值为 1.90~5.31 mm,下颌角间距差值为 5.54~16.10 mm,患侧下颌体长差值为 1.95~3.17 mm,患侧下颌升支长度差值为 0.42~6.05 mm,患侧下颌角差值为 $0.40^\circ \sim 4.50^\circ$ 。

3 讨论

目前腓骨皮瓣被广泛用于下颌重建,具有以下优点:骨量充足,厚度适宜,能为后期种植修复提供良好基础;具有双重血供,易成活;腓动静脉解剖位置恒定直径较粗,易吻合^[13]。但因腓骨为无弧度的长骨,塑形难度大、手术耗时长,精确重建下颌骨难度较大。计算机辅助外科技术和 3D 打印技术的应用,令截骨和塑形更为精确,简化了手术步骤,提高了

手术效率。计算机辅助外科技术和 3D 打印技术的应用促进了问题的解决,在颌骨重建、颞下颌关节手术、正颌手术等领域也得到了广泛应用^[14-15]。

3.1 导板对重建精确度的影响

3D 打印导板用于腓骨肌皮瓣修复下颌骨缺损,术后效果取决于以下几点:下颌骨截骨方案是否合理;截骨线是否精确;腓骨截骨线设计的精确性;精准地将腓骨段塑形并移植于颌骨上。临床医师在设计截骨线时必须完善术前相关检查,参考影像学图像,并明确肿瘤的大小、范围以及与周围组织的毗邻关系。在计算机辅助手术时,可将影像学数据导入设计软件,逐层观察病变范围,保证有足够的肿瘤安全边界,保证能保留尽可能多的健康组织,设计最合理的截骨线。腓骨截骨线的准确性首先要保证导板固定的稳定性。腓骨的形态较规则,导板在腓骨上就位的稳定性很难把握。临床医师应熟悉导板放置的位置以及腓骨周围肌肉、血管、神经的走行,在术中尽可能减少创伤,尽可能沿着骨膜剥离,从而使导板较好贴附于骨表面,鉴于手术操作对技术要求较高,故需在术前行下肢动脉造影以明确血管走行、皮肤动脉穿支的位置,并排除下肢血栓、血管变异等特殊情况^[16]。若患者存在特殊情况,应根据手术需要及时调整导板位置。研究中 10 例手术术中 3D 导板就位均顺利,病变范围和术前模拟较一致,肿瘤切除后边缘组织送行冰冻活检,结果均未发现肿瘤细胞。术后测量结果表明术前虚拟设计截骨段和实际手术截骨段的误差平均值为 (1.57 ± 0.80) mm,证明实际手术颌骨和腓骨截骨具有较高的精确度。但误差数值间标准差较大,表明手术精确度有波动,或与术者的操作过程有相关性。

3.2 髁突定位导板的应用

目前对腓骨肌皮瓣移植修复下颌骨缺损过程中,术中确定髁状突位置非常困难,尤其在患侧遗留的断端颌骨较小,无法行颌间固定,术中造成髁突位置发生改变,继而造成下颌骨偏斜及咬合错乱,且影响修复精确度。为解决此难题,很多研究对此进行了不同方式的探索,包括术中使用髁突定位导板及预成型钛板、下颌固定器等^[9-10]。为了解决这个问题,本文术前设计了髁突固定导板(图 2B),能在截断颌骨病变前,将颌骨残端固定于上颌骨或者关节窝,防止遗留颌骨断端发生移位。本研究中髁突固定导板的设计也依据颌骨缺损类型的不同而

分别将颌骨断端固定于上颌骨、颧骨、关节结节,后 2 种类型因手术剥离范围增大而增大手术难度和时长。术后测量结果一定程度显示出 A 组髁状突定位导板应用于术中获得了一定的效果。但样本量较小,仍需要更多的临床病例数量和长期观察来进行探讨和验证。

3.3 图像融合技术的应用

基于数字化手术的下颌骨缺损重建手术,术后重建效果的测评,目前尚无标准和具体的评估体系。本文利用图像融合技术^[17-18],将术后三维重建与术前设计模型图融合对比,根据颜色差异可直观地看到术前术后的效果偏差,也可通过数据的测量来具体评估截骨精确度、关节的移动程度、整体形态的偏移程度。因此除了临床检查随访的手段,将计算机图像融合侧量技术应用于术后效果评估也是可行和必要的。

综上所述,通过 3D 打印数字化导板的应用,10 例腓骨肌皮瓣移植修复下颌骨缺损的手术过程得到简化,获得了较高的截骨精确度。髁突定位导板的应用,在稳定患侧髁突位置,提高重建精确度方面等起到有效作用。但本研究病例数量较小,观察时间有限,患者远期的面型、咬合关系、关节运动恢复情况仍需更多的临床病例数量和长期观察来进行探讨和验证。本次病例未行腓骨双层折叠术式,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] Goiato MC, Santos MR, Pesqueira AA, et al. Prototyping for surgical and prosthetic treatment[J]. J Craniofac Surg, 2011, 22(3): 914-917.
- [2] Rodby KA, Turin S, Jacobs RJ, 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]. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2014, 67(9): 1171-1185.
- [3] Hidalgo DA. Fibula free flap: a new method of mandible reconstruction[J]. Plast Reconstructive Surgery, 1989, 84(1): 71-79.
- [4] Hayden RE, Mullin DP, Patel AK. Reconstruction of the segmental mandibular defect: current state of the art[J]. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg, 2012, 20(4): 231-236.
- [5] 颜光启, 王雪, 谭学新, 等. 应用 SurgiCase 软件指导游离腓骨皮瓣修复下颌骨缺损的研究[J]. 中国修复重建外科杂志, 2013, 26(8): 1006-1009.
- [6] 张新风, 董智伟, 鲍海宏, 等. 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[J]. 中国现代医学杂志, 2016, 26(10): 51-55.
- [7] Hirsch DL, Garfein ES, Christensen AM, 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]. J Oral Maxillofac Surg, 2009, 67(10): 2115-2122.
- [8] 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.
- [9] 王育新, 王志勇, 卢明星, 等. 系列数字化导板在腓骨肌皮瓣修复下颌骨缺损中的初步应用[J]. 口腔医学研究, 2017, 33(5): 542-545.
- [10] Shen SY, Yu Y, Zhang WB, et al. Angle-to-angle mandibular defect reconstruction with fibula flap by using a mandibular fixation device and surgical navigation[J]. J Craniofac Surg, 2017, 28(6): 1486-1491.
- [11] 李静远, 廖贵清. 下颌骨缺损分类进展[J]. 中华口腔医学研究杂志: 电子版, 2017, 11(2): 115-118.
- [12] 杨建平, 刘美绸. 游离腓骨肌皮瓣及 CT 血管造影术在下颌骨缺损重建中的应用[J]. 实用口腔医学杂志, 2011, 27(1): 92-94.
- [13] Thankappan K, Trivedi NP, Subash P, et al. Three-dimensional computed tomography-based contouring of a free fibula bone graft for mandibular reconstruction[J]. J Oral Maxillofac Surg, 2008, 66(10): 2185-2192.
- [14] Lethaus B, Kessler P, Boeckman R, et al. Reconstruction of a maxillary defect with a fibula graft and titanium mesh using CAD/CAM techniques[J]. Head Face Med, 2010, 6: 16.
- [15] Levine JP, Patel A, Saadeh PB, et al. Computer-aided design and manufacturing in craniomaxillofacial surgery: the new state of the art[J]. J Craniofac Surg, 2012, 23(1): 288-293.
- [16] Hölzle F, Ristow 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.
- [17] Hallermann W, Olsen S, Bardyn T, et al. A new method for computer-aided operation planning for extensive mandibular reconstruction[J]. Plast Reconstr Surg, 2006, 117(7): 2431-2437.
- [18] Roser SM, Ramachandra S, Blair H, et al. The accuracy of virtual surgical planning in free fibula mandibular reconstruction: comparison of planned and final results[J]. J Oral Maxillofac Surg, 2010, 68(11): 2824-2832.

(责任编辑: 冉明会)