

[DOI]10.12016/j.issn.2096-1456.2020.06.001

· 专家论坛 ·

动态实时导航在口腔种植领域中的临床应用及新进展

满毅, 周楠, 杨醒眉

口腔疾病研究国家重点实验室 国家口腔疾病临床医学研究中心 四川大学华西口腔医院种植科, 四川成都(610041)



【通信作者简介】 满毅,教授,四川大学华西口腔医院种植科主任,种植教研室主任,博士研究生导师。中华口腔医学会种植专业委员会常委,口腔数字化产业分会主任委员,ICOI中国分会(专家委员会)会长,四川省卫健委学术技术带头人后备人选,四川省口腔种植专业委员会主任委员;Clinical Implant Dentistry Related Research 中文版副主编,Implant Dentistry 编审委(Editorial reviewer board),《口腔疾病防治》编委;国际牙医师学院专家组成员(ICD fellow),国际种植学会专家组成员(ITI fellow)、国际种植牙专科医师学会专家组成员(ICOI Diplomate)。作为课题负责人负责国家重大研发计划子课题,国家自然科学基金面上项目和青年项目多项,发表SCI论文40余篇。

【摘要】 动态实时导航系统引导下的口腔种植手术是计算机辅助种植外科的一种。医生可以在术前通过导航系统的内部软件合理规划理想的植体位置,并在导航系统的引导下将术前设计准确转移到术中,术中医生可以实时观察到手机钻针在术区牙槽骨内的位置并及时作出调整。目前导航系统在临床的应用越来越广泛,尤其是在前牙美学区病例和在术区解剖条件较为复杂的牙列缺损病例中使用较多。但是动态实时导航系统的临床使用流程较为复杂,包括佩戴配准装置拍摄CBCT、以修复为导向的种植体三维位置设计、术中标定、术中配准、在导航引导下进行扩孔和种植体植入等。应用时需考量的因素和细节较多,包括种植体位置设计、追踪装置的坚固固定、配准误差、按照导航引导的稳定扩孔等。本文从种植手术导航系统的临床应用与工作流程、临床应用的效果及特点等方面进行述评,并介绍动态实时导航系统在口腔种植领域的应用新进展,包括无牙颌种植导航手术和导航引导下的穿颧种植手术。进一步提高种植手术导航的精度、简化使用流程将会是未来导航系统的发展方向。

【关键词】 牙列缺损; 口腔种植; 前牙美学区; 后牙骨量不足; 计算机辅助种植外科; 动态导航; 精准医学; 数字化; 临床应用

【中图分类号】 R783.4 【文献标志码】 A 【文章编号】 2096-1456(2020)06-0341-08

开放科学(资源服务)标识码(OSID)

【引用著录格式】 满毅,周楠,杨醒眉. 动态实时导航在口腔种植领域中的临床应用及新进展[J]. 口腔疾病防治, 2020, 28(6): 341-348.

Clinical application and new progress of dynamic navigation system in the field of oral implantology MAN Yi, ZHOU Nan, YANG Xingmei. State Key Laboratory of Oral Diseases & National Clinical Research Center for Oral Diseases & Department of Implantology, West China Hospital of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China

【收稿日期】2019-10-18; 【修回日期】2019-11-14

【基金项目】国家重点研发计划(2016YFC1102700)

【通信作者】满毅,教授,博士, Email: manyi780203@126.com, Tel: 86-28-85503579



Corresponding author: MAN Yi, Email: manyi780203@126.com, Tel: 86-28-85503579

【Abstract】 Currently, computer-aided implant surgeries include implant placement surgery under the guidance of a dynamic navigation system. With the use of software inherent in the navigation system, doctors can make a preoperative plan including the ideal position of the implant. Then the plan can be accurately transferred to the surgery, during which the real-time condition of the drill and its relationship with the surgical region will be visualized by the surgeon and the drill can be adjusted in a timely manner. Currently the dynamic navigation system is increasingly widely utilized, especially in cases of esthetic zones or surgical sites with important anatomical structures. However, the clinical workflow of the navigation system is complicated, including CBCT taken after the registration device placement, prosthetic-driven 3D design, calibration, registration, navigated borehole preparation and implant placement surgery. Many details should be considered when the device is applied, including implant position design, fixation of the tracking device, registration, and stable borehole preparation under the guidance of dynamic navigation. Therefore, this article introduces the dynamic navigation system into the clinical workflow and evaluates the effects of the application and the clinical features. The new progress of the navigation system in the field of implantology is demonstrated at the same time, including navigated surgery in fully edentulous arches and in the zygomatic zone. Further improvements in the navigation system in terms of the accuracy and simplification of the workflow are needed in the future.

【Key words】 dentition defect; oral implantology; esthetic zone; insufficient bone mass in posterior region; dental implant; computer-aided implant surgery; dynamic navigation; accuracy; precision medicine; digital; clinical application

J Prev Treat Stomatol Dis, 2020, 28(6): 341-348.

随着数字化技术在口腔种植领域内的应用日趋广泛,越来越多的口腔医生开始选择在计算机辅助下完成种植手术^[1-3]。其中静态数字化手术导板和动态实时手术导航是临床医生最常选择的两种能够辅助种植外科手术的数字化手术辅助工具^[4-5]。将这种不断发展的数字化技术应用于口腔种植外科,从而辅助种植外科手术的过程,称之为计算机辅助种植外科(computer-aided implant surgery, CAIS)^[6]。

计算机辅助下的种植诊疗过程包括术前的数字化诊断及设计、术中引导钻针进行窝洞预备以及术后比较实际植体位置与理想设计的植体位置之间的三维空间位置差异^[7]。静态数字化导板和动态实时导航系统都可以使医生通过配套软件术前的三维重建图像去观察和标记患者术区的骨组织情况和邻近的重要解剖结构,然后模拟放置上部修复部件,并以修复为导向模拟放置种植体,术中辅助医生依照术前设计完成手术。但是,数字化手术导板在临床应用的过程中存在一定局限,包括导板的制作需要额外的费用和时间,导板手术术中存在术区不可视、水冷却困难等问题^[8]。而动态实时导航系统在应用的过程中则可以避开这些问题。在2000年,动态实时导航系统正式开始在口腔种植学领域得到应用^[1],现在越来越多

的临床医生开始使用动态实时导航系统来辅助完成种植手术。本文对种植手术中动态实时导航系统的临床应用进行述评并介绍其在口腔种植领域的新进展。

1 动态实时导航的临床工作流程

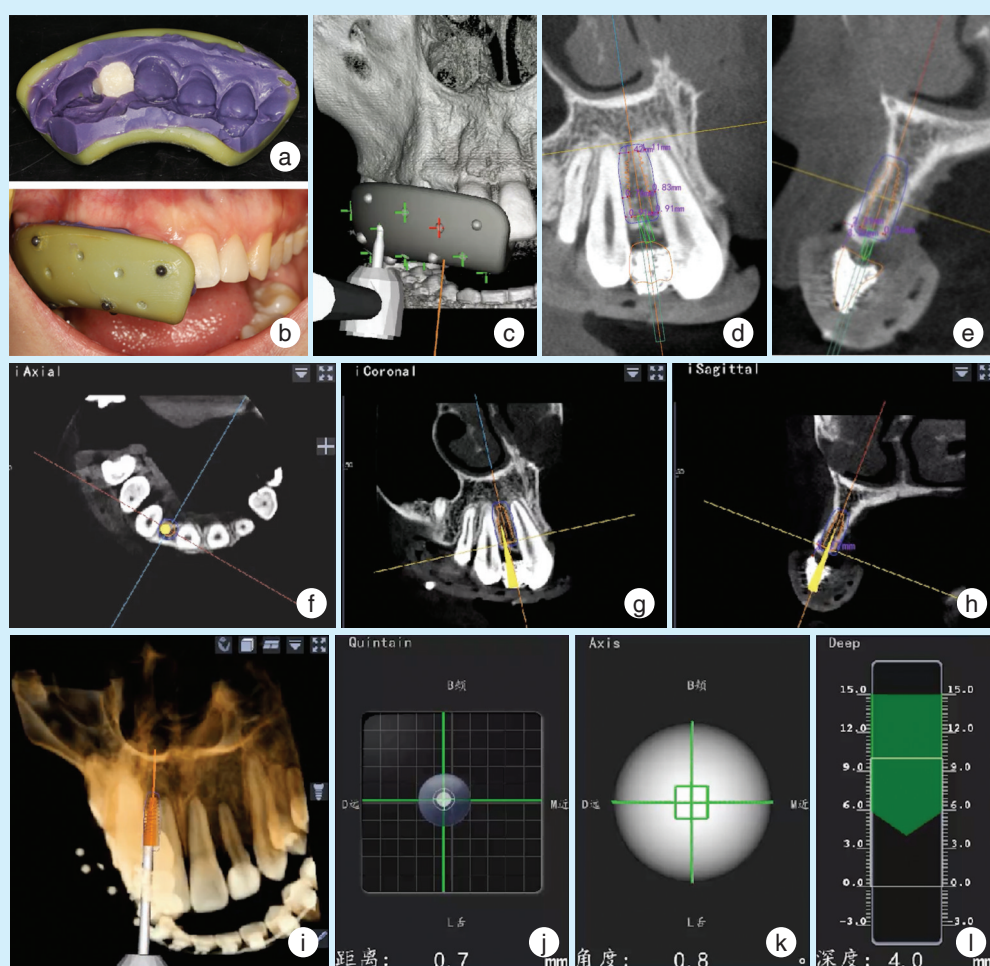
动态实时导航系统由硬件和软件共同构成,其中硬件主要包括导航仪和导航系统专用的手机、钻针,而软件则主要为导航仪内部计算机自带的专用导航技术软件。医生对于软件和硬件的了解,以及对于整个导航系统的熟悉程度决定了在使用实时导航系统时的操作时间。

在医生准备进行种植导航手术前,要先完成术前准备工作。首先需要在患者口内安装配准装置(图1a、1b),然后患者在佩戴配准装置的情况下接受CBCT的拍摄。将拍摄所得的信息数据导入导航软件中,进而在术前完成患者三维影像的重建^[3]。同时,在重建的影像中还包含了配准标记(图1c)。配准标记一般可以分为侵入性和非侵入性两类,其中侵入性的配准标记包括在牙槽骨内安置的骨内标记,是配准标记精度准确性的金标准,但这种配准方法需要患者在术前就接受一次手术将标记点植入到颌骨内,因此具有侵入性^[9]。而非侵入性配准标记则是指位于能够固定于口内

或口外的无创性配准装置上的标记点,此种配准方法应用较为广泛。

在三维重建的影像上,医生可以对拟种植位点进行分析,同时还可以模拟加入上部修复部件,进行以修复为导向的种植体模拟放置(图1d、1e)。当术前设计完成后,便可以开始准备导航手术。手术前要先让导航仪的光学追踪设备捕捉手机钻头以及患者颌骨的位置,然后进行标定,标定完成后再利用配准标记点将颌骨与三维重建的虚拟影像相匹配。完成标定和配准过程后,在动态实时

导航手术中,导航仪的屏幕上便会实时展现钻针与种植术区的情况,并通过误差控制图标来指示医生按照术前设计进行手术,将术前设计精准转移到术中(图1f~1l)。若术中出现了不同于术前设计的情况,医生可以根据实际情况在导航仪上实时更改手术方案。术后拍摄CBCT后,将术后种植体三维影像位置信息导入到导航仪软件中,通过与术前影像相融合比对,还可以计算出实际种植体与术前设计种植体之间的尖端、入口处以及角度差异^[10-11]。



a: registration device with radiation information; b: the intraoral noninvasive registration device was placed; c: registration process was made with two calibration drills; d: simulated restoration-driven implant placement in the mesiodistal direction; e: simulated restoration-driven implant placement in the buccolingual direction; f: borehole preparation under the guidance of the dynamic navigation system in the horizontal direction; g: borehole preparation under the guidance of the dynamic navigation system in the mesiodistal direction; h: borehole preparation under the guidance of the dynamic navigation system in the buccolingual direction; i: 3d view of borehole preparation under the guidance of the dynamic navigation system; j: quintain under the guidance of the dynamic navigation system; k: axial alignment under the guidance of the dynamic navigation system; l: depth control under the guidance of the dynamic navigation system

Figure 1 The process of navigated implant surgery

图1 动态导航的实施流程

2 动态实时导航的应用效果及精度分析

动态实时导航系统可以使种植手术更加精准、可期及安全。Block等^[12]对714颗种植体进行了分组,分别采取全程导航引导下、半程导航引导下和自由手三种种植手术方式,计算每一颗种植体最终植入后的实际位置与术前设计位置在尖端、入口处和角度上的差别,结果发现导航引导下的种植体植入手术精度更高。全程导航肩台处偏差为1.16 mm,尖端偏差为1.29 mm,角度偏差为2.97°;半程导航肩台处偏差为1.31 mm,尖端偏差为1.52 mm,角度偏差为3.43°;自由手的肩台处偏差为1.78 mm,尖端偏差为2.27 mm,角度偏差为6.5°。这个结果同其他学者研究得到的结论是一致的,即在动态实时导航引导下,种植手术的精度会有所提高^[13-15]。Kaewsiri等^[16]进行了一项随机对照试验,将60例需要进行单颗位点种植的患者随机分成了两组,分别进行动态导航引导下的种植手术和静态导板引导下的种植手术,结果表明两种手术方式下的种植手术精度相近。在这项随机对照试验中,研究者严格控制了静态导板组除了人为因素外的其他由导板手术本身可能带来的误差,包括导板的就位是否密合、患者张口度是否足够等,而相较于导板组而言,导航组则完全可以避免这些问题。

动态实时导航在口腔种植外科手术中的应用效果与医生的临床经验关系密切。研究表明,动态导航系统在种植手术中的应用存在学习曲线,对于经验丰富、对导航系统操作更加熟练的医生来说,在进行导航手术的时候精度会更高、效果会更好^[17-19]。

3 动态实时导航在临床中的应用及不足

动态实时导航系统目前已在临床上得到应用,其中在对于种植精度要求较高的美学区应用相对较多。较后牙区而言,美学区对植体在近远中向、唇舌向及深度上的位置要求更高,利用动态实时导航系统可以精准地将术前设计转移至术中^[11]。除此以外,动态实时导航还特别适宜局部解剖条件复杂的牙列缺损、牙列缺失的种植修复病例^[20],医生在术中可以实时精确地监控备洞钻针的深度、角度及其与重要解剖结构之间的关系,使得手术更加安全。

动态实时导航虽然可以提高种植手术的精度与安全性,但是目前仍存在一些需要注意的问题^[21-23]。动态导航系统的术前准备工作较为复杂,

其工作全流程由许多环节构成,包括术前CT的拍摄、导航系统软件的内部参数设定、标定和配准过程以及术者在手术中的操作表现,任何一个环节的误差都会对最终的导航手术精度产生影响。因此要想保证种植手术的最终精度是可靠有效的,就必须严格控制每一步的精度^[24-26]。此外,术前配准及标定装置的安装、配准过程的实施等环节都需要花费额外的时间和精力,使得目前导航系统在种植手术领域的普及仍存在一定困难。简化导航系统的使用流程、减少术前准备所需花费的时间将成为未来导航系统优化的方向之一。

4 动态实时导航的新进展

4.1 提高动态实时导航的精度

种植手术导航的精度^[27]受很多因素的影响,其中在配准过程中产生的误差是影响导航精度的一个关键因素。配准误差产生的原因及减小配准误差的方法成为了被关注的问题。Du等^[28]研究了不同口内环境下不同配准材料对配准精度的影响,结果显示氮化硅的放射标记物伪影最少,相比较氧化锆、不锈钢、氧化铝可以更好地作为放射阻射材料使用,Chen等^[29]提出在利用面部解剖标志点来进行配准时,可以通过对标志点的选择和设定来优化配准精度。

导航的误差分为系统偏差、成像误差、配准误差和应用误差。①系统误差与手术导航系统固有的硬件和软件误差相关。以目前常用的光学导航为例,主动式和被动式的追踪原理、追踪元件的坚固固定、追踪范围和追踪距离都会影响导航硬件的系统误差。②成像误差与CBCT或者螺旋CT的成像有关。文献综述认为CBCT和螺旋CT在线性精度方面没有显著性差异,但是在使用中,CBCT的最小层厚可以达到0.08 mm,而传统的螺旋CT的层厚最小只能达到0.325~0.6 mm;CBCT放射剂量更小、空间分辨率更高、操作更加简便。因此在口腔种植导航中使用CBCT成像较多。③配准误差是影响导航精度最重要的因素,配准是将事前计划于患者术区准确重叠建立联系,目前常用的配准方法分为有标记点的配准和无标记点的配准,前者包括骨内标记点、配准装置、解剖标记点等,后者是用激光对术区进行表面扫描,使用的表面结构需要可重复性高。使用标记点进行配准的误差又分为基准点定位误差、基准点配准误差和目标点配准误差。④应用误差包括配准装置的准确就位、操作者对种

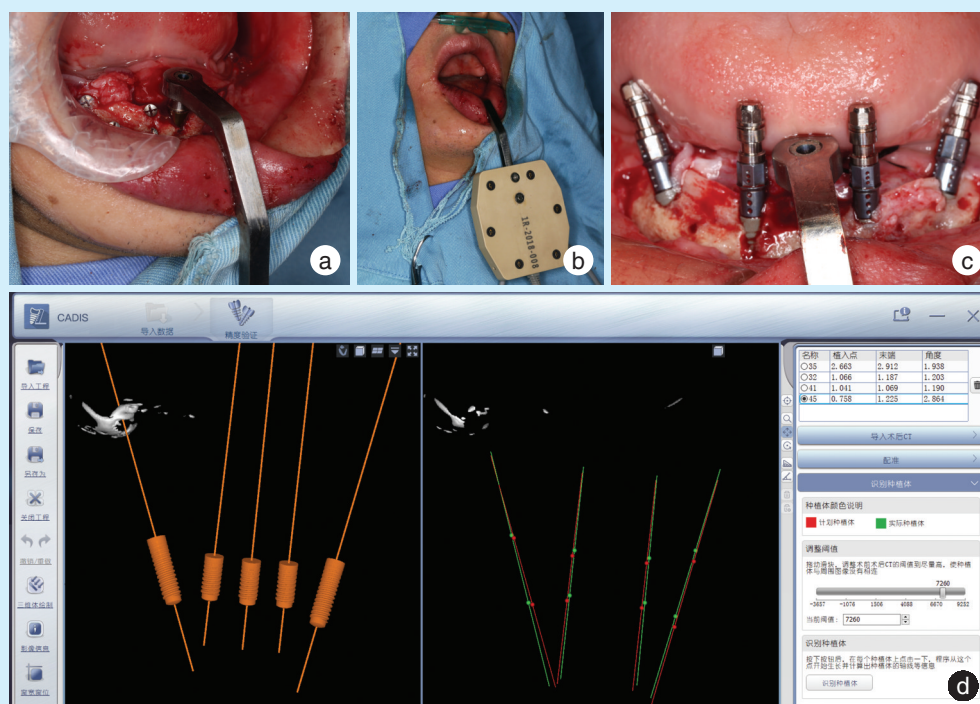
植导航系统的熟练掌握程度等^[30]。

4.2 导航引导下的无牙颌种植

无牙颌患者解剖条件复杂、修复难度大,近年来有一些学者开始使用数字化手术导板辅助完成无牙颌患者的种植手术^[31-32],但是静态导板在用于种植手术的过程中依然存在一些问题,比如对患者张口度要求较高、冷却差和造成术区不可视等^[6],而动态导航的在口内的扩孔操作类似于自由手,受患者张口度、冷却要求及术区可视可见与自由手没有明显差异,因此成为了数字化引导种植的另一选择方式。

目前动态导航系统在无牙颌患者中的使用还非常少,主要是因为缺少了牙齿作为导航系统中追踪装置的放置点。Chen等^[33]报道了使用头颅定位参考支架来作为上颌无牙颌时导航手术的参考装置,但是此方法对于下颌无牙颌患者来说难以使用。对于下颌无牙颌的病例而言,下颌骨存在

的较大动度增加了导航系统参考装置稳定放置的难度。Stefanelli等^[19]报道了利用下颌骨正中区域植入的微型种植钉来作为媒介将口外参考装置与下颌骨进行连接,但是此种方法需要开辟第二术区,存在一定创伤。本课题组目前已开始使用研发出的新型导航装置来进行下颌无牙颌患者的种植导航手术(图2),术中参考装置被刚性连接在下颌切牙区的最终种植体上,从而获得了稳定的放置点,该种植体后期作为最终种植体与其他植入的种植体一起作为上部修复体的支撑。在该新型导航装置中,连接杆被优化成了弯向下方的形态,同时参考装置的体积被缩小,进而减小了医生在术中误碰下颌骨追踪装置的可能性(图2a、2b)。在该导航装置辅助下,种植手术成功完成,术后精度验证结果显示植入效果良好(图2c、2d),4颗种植体的平均植入误差在种植体入口处、尖端和角度上分别是1.38 mm、1.60 mm和1.80°。



a: the bone markers were utilized as the registration markers; b: the implant placed in the anterior region was utilized to connect the reference template, and the mandibular position could be tracked during the surgery; c: the boneholes were prepared and four implants were inserted under the guidance of the dynamic navigation system; d: the accuracy of the surgery was assessed

Figure 2 The navigated implant surgery in the edentulous mandible

图2 无牙颌导航的操作流程

4.3 导航引导下的穿颧种植

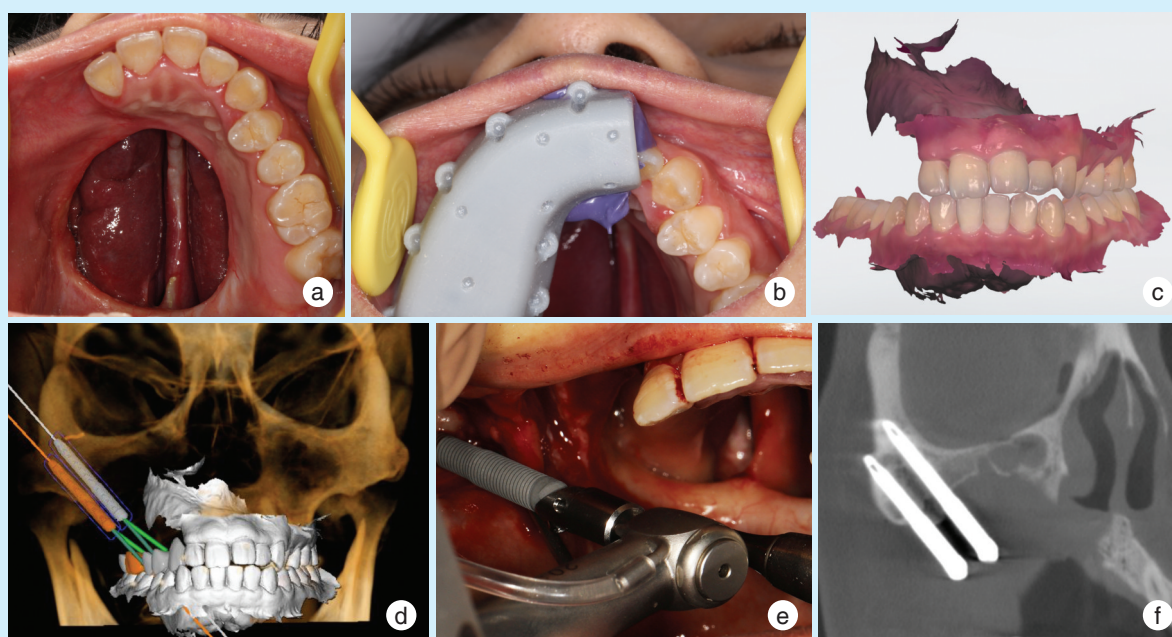
当患者上颌骨剩余骨量严重不足时,进行颧

骨种植可以避免骨增量手术、缩短治疗次数和时间。但颧骨种植存在极大的手术风险,包括可能

会伤及眼球及邻近的神经等^[34-35]。近年来,吴轶群教授课题组使用动态实时导航技术来辅助完成穿颧种植手术,将术前设计与术后CBCT进行精度验证,所测得52枚颧种植体的起点误差、终点误差和角度误差分别是1.24 mm, 1.84 mm和2.12°。而将手术导板应用于颧种植中,起点误差、终点误差和角度误差可能分别高达2.77 mm、4.46 mm和8.06°(矢状面)、11.20°(冠状面)。手术导板的误差在颧种植体中增加,其原因可能是因为颧种植体比常规种植体长4~5倍,起点处的微小偏差可能在根尖处

数倍放大;而应用手术导航则可以实时观察扩孔钻的轴向,当扩孔方向有偏离时即可警觉并进行调整,从而提高种植体植入的精确性和安全性^[36-39]。

本课题组对一例上颌骨缺损的患者实施了动态导航引导下的穿颧种植手术,术前对患者进行口扫及CBCT拍摄,按照口扫模型的最终修复体位置设计种植体的位置,完成配准后,利用患者的骨性结构在口内验证精度,而后在动态导航引导下在一侧颧骨中植入两颗种植体,术后精度良好(图3)。



a: the patient lost the right part of the maxillary jaw after the tumor surgery; b: after registration device placement, the patient underwent a CBCT scan of the surgical region. The surgical plan of zygomatic implant placement with the aid of the dynamic navigation system was designed; c: intraoral digital scan; d: the intraoral digital scan data and CBCT data were combined, and then the virtual tooth arrangement was made. The design for zygomatic implant placement was prosthetically-driven; e: the zygomatic implant placement surgery was performed under the guidance of the dynamic navigation system; f: postoperative CBCT scan of the surgical site

Figure 3 The zygomatic implant placement surgery was performed under the guidance of the dynamic navigation system

图3 动态导航引导下的双穿颧种植手术

Fan等^[40]还进行了一项体外实验,专门研究针对穿颧导航时配准标记点的分布构成对手术精度的影响,建议在上颌至少植入5个呈多角形分布的配准点才能获得较小的基准点配准误差。吴轶群教授课题组^[41]将动态实时导航与机器人相结合,并在体外模型上模拟了导航引导下的机器人穿颧种植手术,获得了良好的效果,实现了准确的种植体植入^[41]。

5 展望

现阶段动态实时导航在口腔种植手术中的运用仍存在一定的误差,因此进一步提高导航的精度和准确性将会是未来发展的趋势。此外,动态导航系统现阶段的装置和临床操作流程较为复杂,因此限制了导航系统的普及化,进一步简化导航系统的装置和操作流程将会是导航系统未来的优化方向之一。

致谢:感谢伍颖颖、柳叶语、林志辉对本文的帮助。

参考文献

- [1] D'haese J, Ackhurst J, Wismeijer D, et al. Current state of the art of computer-guided implant surgery[J]. *Periodontol* 2000, 2017, 73 (1): 121-133.
- [2] Greenberg AM. Digital technologies for dental implant treatment planning and guided surgery[J]. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*, 2015, 27(2): 319-340.
- [3] Vercruyssen M, Laleman I, Jacobs R, et al. Computer-supported implant planning and guided surgery: a narrative review[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2015, 11(Suppl): 69-76.
- [4] El KK, Lizarin R, Janner SFM, et al. Influence of surgical guide and implant site location on accuracy of static computer-assisted implant surgery[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2019, 30(11): 1067-1075.
- [5] Wittwer G, Adeyemo WL, Schicho K, et al. Prospective randomized clinical comparison of 2 dental implant navigation systems[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2007, 22(5): 785-790.
- [6] Joda T, Derksen W, Wittneben JG, et al. Static computer-aided implant surgery (s-CAIS) analysing patient-reported outcome measures (PROMs), economics and surgical complications: a systematic review[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2018, 16(Suppl): 359-373.
- [7] Vercruyssen M, Fortin T, Widmann G, et al. Different techniques of static/dynamic guided implant surgery: modalities and indications[J]. *Periodontol* 2000, 2014, 66(1): 214-227.
- [8] Moon SY, Lee KR, Kim SG, et al. Clinical problems of computer-guided implant surgery[J]. *Maxillofac Plast Reconstr Surg*, 2016, 38(1): 15.
- [9] Widman G, Stoffner R, Schullian P, et al. Comparison of the accuracy of invasive and noninvasive registration methods for image-guided oral implant surgery[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2010, 25(3): 491-498.
- [10] Panchal N, Mahmood L, Retana A, et al. Dynamic navigation for dental implant surgery[J]. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*, 2019, 31(4): 539-547.
- [11] Mandelaris GA, Stefanelli LV, DeGroot BS. Dynamic navigation for surgical implant placement: overview of technology, key concepts, and a case report[J]. *Compend Contin Educ Dent*, 2018, 39 (9): 614-621.
- [12] Block MS, Emery RW, Cullum DR, et al. Implant placement is more accurate using dynamic navigation[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2017, 75(7): 1377-1386.
- [13] Chen CK, Yuh DY, Huang RY, et al. Accuracy of implant placement with a navigation system, a laboratory guide, and freehand drilling[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2018, 33(6): 1213-1218.
- [14] Jorba-Garcia A, Figueiredo R, Gonzalez-Barnadas A, et al. Accuracy and the role of experience in dynamic computer guided dental implant surgery: an *in-vitro* study[J]. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 2019, 24(1): e76-e83.
- [15] Pellegrino G, Taraschi V, Andrea Z, et al. Dynamic navigation: a prospective clinical trial to evaluate the accuracy of implant placement[J]. *Int J Comput Dent*, 2019, 22(2): 139-147.
- [16] Kaewsiri D, Panmekiate S, Subbalekha K, et al. The accuracy of static *vs.* dynamic computer-assisted implant surgery in single tooth space: a randomized controlled trial[J]. *Clin Oral Implant Res*, 2019, 30(6): 505-514.
- [17] Sun TM, Lan TH, Pan CY, et al. Dental implant navigation system guide the surgery future[J]. *Kaohsiung J Med Sci*, 2018, 34(1): 56-64.
- [18] Block MS, Emery RW, Lank K, et al. Implant placement accuracy using dynamic navigation[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2017, 32(1): 92-99.
- [19] Stefanelli LV, DeGroot BS, Lipton DI, et al. Accuracy of a dynamic dental implant navigation system in a private practice[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2019, 34(1): 205-213.
- [20] Wittwer G, Adeyemo WL, Schicho K, et al. Computer-guided flapless transmucosal implant placement in the mandible: a new combination of two innovative techniques[J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2006, 101(6): 718-723.
- [21] Gargallo-Albiol J, Barootchi S, Salomo-Coll O, et al. Advantages and disadvantages of implant navigation surgery. A systematic review[J]. *Ann Anat*, 2019, 225: 1-10.
- [22] Pellegrino G, Taraschi V, Vercellotti T, et al. Three-dimensional implant positioning with a piezosurgery implant site preparation technique and an intraoral surgical navigation system: case report [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2017, 32(3): e163-e165.
- [23] Brief J, Edinger D, Hassfeld S, et al. Accuracy of image-guided implantology[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2005, 16(4): 495-501.
- [24] Hoffmann J, Westendorff C, Gomez-Roman G, et al. Accuracy of navigation-guided socket drilling before implant installation compared to the conventional free-hand method in a synthetic edentulous lower jaw model[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2005, 16(5): 609-614.
- [25] Kramer FJ, Baethge C, Swennen G, et al. Navigated *vs.* conventional implant insertion for maxillary single tooth replacement[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2005, 16(1): 60-68.
- [26] Somogyi-Ganss E, Holmes HI, Jokstad A. Accuracy of a novel prototype dynamic computer-assisted surgery system[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2015, 26(8): 882-890.
- [27] Ma L, Jiang W, Zhang B, et al. Augmented reality surgical navigation with accurate CBCT--patient registration for dental implant placement[J]. *Med Biol Eng Comput*, 2019, 57(1): 47-57.
- [28] Du Y, Wangrao K, Liu L, et al. Quantification of image artifacts from navigation markers in dynamic guided implant surgery and the effect on registration performance in different clinical scenarios [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2019, 34(3): 726-736.
- [29] Chen X, Xu L, Wang H, et al. Development of a surgical navigation system based on 3D slicer for intraoperative implant placement surgery[J]. *Med Eng Phys*, 2017, 41: 81-89.
- [30] Golob Deeb J, Bencharit S, Carrico CK, et al. Exploring training dental implant placement using computer-guided implant navigation

- tion system for predoctoral students: a pilot study[J]. Eur J Dent Educ, 2019, 23(4): 415-423.
- [31] Oh JH, An X, Jeong SM, et al. Digital workflow for computer-guided implant surgery in edentulous patients: a case report[J]. J Oral Maxillofac Surg, 2017, 75(12): 2541-2549.
- [32] Papaspyridakos P, Rajput N, Kudara Y, et al. Digital workflow for the fixed implant rehabilitation of an extremely atrophic edentulous mandible in three appointments[J]. J Esthet Restor Dent, 2017, 29(3): 178-188.
- [33] Chen X, Wu Y, Wang C. Application of a surgical navigation system in the rehabilitation of maxillary defects using zygoma implants: report of one case[J]. Int J Oral Maxillofac Implants, 2011, 26(5): e29-e34.
- [34] Gasparini G, Boniello R, Lafori A, et al. Navigation system approach in zygomatic implant technique[J]. J Craniofac Surg, 2017, 28(1): 250-251.
- [35] Pellegrino G, Tarsitano A, Taraschi V, et al. Simplifying zygomatic implant site preparation using ultrasonic navigation: a technical note[J]. Int J Oral Maxillofac Implants, 2018, 33(3): e67-e71.
- [36] Hung K, Huang W, Wang F, et al. Real-time surgical navigation system for the placement of zygomatic implants with severe one deficiency[J]. Int J Oral Maxillofac Implants, 2016, 31(6): 1444-1449.
- [37] Hung KF, Wang F, Wang HW, et al. Accuracy of a real-time surgical navigation system for the placement of quad zygomatic implants in the severe atrophic maxilla: a pilot clinical study[J]. Clin Implant Dent Relat Res, 2017, 19(3): 458-465.
- [38] Wang F, Bornstein MM, Hung K, et al. Application of real-time surgical navigation for zygomatic implant insertion in patients with severely atrophic maxilla[J]. J Oral Maxillofac Surg, 2018, 76(1): 80-87.
- [39] 王跃平, 樊圣祈, 吴轶群. 动态导航系统在口腔种植领域中的发展和应用[J]. 口腔疾病防治, 2017, 25(10): 613-619.
- Wang YP, Fan SQ, Wu QY. The application and development of dynamic navigation system in implant dentistry[J]. J Prev Treat Stomatol Dis, 2017, 25(10): 613-619.
- [40] Fan S, Hung K, Bornstein MM, et al. The effect of the configurations of fiducial markers on accuracy of surgical navigation in zygomatic implant placement: an *in vitro* study[J]. Int J Oral Maxillofac Implants, 2019, 34(1): 85-90.
- [41] Wu Y, Wang F, Fan S, et al. Robotics in dental implantology[J]. Oral Maxillofac Surg Clin North Am, 2019, 31(3): 513-518.

(编辑 张琳, 曾曙光)



官网



公众号

• 短讯 •

《口腔疾病防治》杂志征稿及2020年征订启事

《口腔疾病防治》是国内外公开发行的口腔医学学术类期刊,月刊,CN 44-1724/R,ISSN 2096-1456,CODEN KJFOA4,为中国科技核心期刊,被国内外多家重要数据库收录,由南方医科大学口腔医院(广东省口腔医院)、广东省牙病防治指导中心主办,中南大学、郑州大学、南昌大学、重庆医科大学、福建医科大学等五所大学口腔医学院协办;主要报道国内外口腔医学研究新进展和口腔疾病防治新成果、新技术、新经验,服务口腔疾病预防治疗领域学术交流和口腔疾病防控工作。

本刊图文并茂、全铜版纸彩色印刷,设有专家论坛、专家述评、基础研究、临床研究、防治实践、综述等栏目。本刊对录用论文实行免费快速发表,不收取作者任何费用并支付稿酬。

本刊官网及投稿网址为 <http://www.kqjbfz.com>,本刊官网文献实行开放获取(Open Access, OA),免费为读者提供全文服务。《口腔疾病防治》已开设微信公众号,每月推出专家论坛文章及当期全文,读者可通过扫描杂志封面的二维码或者搜索微信公众账号“口腔疾病防治杂志”、微信号“kqjbfz”关注本刊。

本刊没有授权或委托任何其他网站受理作者投稿,谨防诈骗。欢迎广大读者订阅。全国各地邮局均可订阅,邮发代号 46-225。每月 20 日出版,定价为每册 5.00 元,全年 60 元。如错过邮局订阅时间,可直接向编辑部订购。请将款项汇入开户银行:广州市建行昌岗路支行,账号:44001430402050202779,户名:南方医科大学口腔医院,并且将订阅者的邮政编码、详细地址、姓名、联系电话、订阅年度、份数及汇款回执扫描件发送至本刊邮箱。编辑部电话:020-84403311, Email:kqjbfz@vip.126.com。

南方医科大学口腔医院《口腔疾病防治》编辑部