

传统及数字化口腔种植导板的制作及临床应用研究进展

潘小波

基金项目: 广西医疗卫生适宜技术开发与推广应用项目(编号:S2017081)

作者单位: 530021 南宁,广西壮族自治区人民医院口腔科

作者简介: 潘小波(1971-),男,医学硕士,主任医师,教授,硕士研究生导师,研究方向:数字化美容、种植修复。E-mail: panxiaobo0699@163.com



潘小波,教授,主任医师,硕士研究生导师,1993年毕业于华西医科大学口腔系。现任广西壮族自治区人民医院口腔修复科主任,中华口腔医学会广西分会理事。研究方向为数字化美容、种植修复,擅长复杂牙体牙列缺损的修复。主持参与省部级课题9项,获省部级科研奖6项,目前在研课题2项。主持国家级种植学习班1次,省级学习班9次,在省内外各级会议、学习班专题演讲30余次,发表论文40余篇,参编教材2本,获批专利1项。

[摘要] 随着口腔种植手术的广泛开展,种植导板在术中的应用不仅有助于术前诊疗计划的设计,还有助于种植体在牙槽骨中的正确定位、成角优化,从而最终达到兼顾功能和美学的术后效果。以修复为导向设计种植导板应用于临床,可相对降低并发症发生的风险。随着锥形束CT(CBCT)的广泛应用,国内外学者在传统种植导板的基础上,结合数字化技术,完成了各种改良式种植导板的制作,由此推进了种植导板的发展。该文对常用的口腔种植导板的分类、优缺点以及计算机辅助外科种植导板进行综述,为临床中种植导板的应用提供参考。

[关键词] 种植导板; 精确性; 植入位置; 计算机辅助设计/计算机辅助制作

[中图分类号] R 783.6 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1674-3806(2020)04-0337-04

doi:10.3969/j.issn.1674-3806.2020.04.04

Research progress in the manufacture and clinical application of traditional and digital dental surgical templates PAN Xiao-bo. Department of Stomatology, the People's Hospital of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530021, China

[Abstract] With the extensive development of oral implant surgery, the application of surgical template in the operation is not only conducive to the design of preoperative diagnosis and treatment plan, but also conducive to the correct positioning and optimized angulation of the dental implants in alveolar bones, so as to achieve both functional and aesthetic postoperative results. Prosthodontics-oriented design of surgical template can reduce the risk of occurrence of complications after dental implant surgery. With the increasingly wide application of cone-beam computed tomography (CBCT), scholars at home and abroad have made various improved surgical templates based on traditional surgical template combined with digital technology, thus promoting the development of surgical templates. In this paper, the classification, advantages and disadvantages of the commonly used dental surgical template, as well as the computer-aided surgical template were reviewed, providing a reference for the clinical application of surgical template.

[Key words] Surgical template; Accuracy; Implantation position; Computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM)

口腔种植修复由于固位良好、咀嚼功能恢复较佳、无需破坏邻牙等优势,已成为现代广为使用的修复缺失牙方法。以修复为主导的数字化种植外科技逐渐发展成熟,应用于无牙颌患者或者部分牙缺失患者的修复治疗。同时,引导骨再生技术(guided bone regeneration, GBR)的出现为局部牙槽骨缺损的患者进行种植手术提供了可能^[1]。口腔是一个相对狭小有限的空间,种植体植入的高度准确性对最终的修复成功至关重要。种植导板种类较多,临床中应用范围广泛,术者通过对其合理应用可以实现相对准确的种植体放置位置^[2,3]。

1 种植导板分类及特点

1.1 按种植导板制作方式分类

1.1.1 传统种植导板 传统种植导板的制作依赖于石膏模型,用真空成型机将树脂材料在其表面压制而成,操作较简便,贴合固位良好。传统种植导板多用于牙槽骨条件较好,骨量较多的患者,可指导种植体植入位置。对于缺失牙数目多或缺牙区骨量不足的患者,传统种植导板的应用存在一定的局限性。

1.1.2 计算机辅助设计/计算机辅助制作(computer-aided design/computer-aided manufacturing, CAD/CAM)的数字化种植导板 数字化种植导板是基于椎形束CT(cone-beam computed tomography, CBCT)数据,进行三维重建,结合数字化3D打印技术制作的种植导板^[4]。数字化种植导板能为种植体植入提供最佳设计方案。但其加工制作过程中步骤较多,其中每个步骤都可能带来误差,从而可能导致精确度的降低,且制作成本较高。

1.1.3 改良式种植导板 改良式种植导板以患者现有义齿为参考,在放射导板的指引下,参照其与模拟种植体植入位置关系,将其空间位置关系转移至模型,由此制作。由于没有采用传统种植手术中多级引导手术钻头的方式,此种导板制作方式在一定程度上简化了操作步骤。

1.2 按指导程度分类

1.2.1 非限制设计式导板(位点限制式导板) 非限制设计式导板为所需修复体和种植体的理想植入位置提供指示,仅为术者提供理想的植入位点。Blustein等^[5]和Engelman等^[6]报道,非限制导板在透明的成型树脂基质上钻出引导孔来提示植入最佳位置,植入角度由邻牙以及咬合关系来确定。非限制设计式导板的设计仅显示出种植体的植入位点,未固定植入方向、角度和深度,对扩孔钻的直径无具体限制要求。术者在逐步备孔操作过程中,自由手控制导板,由此在种

种植体最终位置的确定上存在灵活性,若术区邻近存在重要解剖结构,则应用此导板具有一定的局限性。

1.2.2 部分限制设计式导板 部分限制设计式导板能够提供相对理想的植入位点和方向,而对于植入深度、先锋钻和扩孔钻的直径无具体限制要求,其精确度小于完全限制设计式导板。

1.2.3 全程限制设计式导板 完全限制设计式导板精确度较高,为术者提供理想的种植体植入位点、角度、方向和深度,此外对于先锋钻和扩孔钻的直径也有具体限制要求,由于其精确度较高,现已成为临床应用的种植导板类型中的主要导板类型。

2 传统种植导板的制作及优缺点

2.1 传统种植导板的制作 术前给患者取全口印模并灌制石膏模型,在石膏模型缺牙区制作诊断蜡型^[7]。随后,翻制石膏模型,将带有蜡型的铸件压制成模具,置于真空压膜机下,用压膜机将透明的丙烯酸树脂膜片压制成简易导板,并在缺牙区段2~3颗邻牙外对其进行修剪。根据临床及影像学检查获得的信息设计钻孔,于缺牙区合适位置用低速手机钻孔,获得孔径与金属导管外径等大的钻孔,剪裁长度合适的金属导管并插入钻孔中,将其用丙烯酸树脂固定。

2.2 传统种植导板的优缺点 传统种植导板用真空成型机热压膜技术制作,成本较低廉,制作较简便,用于指导种植修复体的位置和方向,贴合固位效果良好,临床多用于牙槽骨条件比较好的患者。然而,传统种植导板在临床中的应用具有局限性,例如膨胀和变形,在区段内缺牙数目多、缺牙区牙槽骨骨量不足的情况下,导向作用有限,常导致种植体植入精确度下降,甚至导致植入手术失败。此外,传统种植导板基于翻制的刚性铸件表面成型,该模型是刚性的,铸件表面属于无功能表面,不能完美复刻弹性软组织和牙槽骨的形态或者显示血管、血流供应等^[8],临床解剖标志位置不精确,也没有有关颊舌方向骨尺寸的信息,在植入过程中的指示总是二维的,会导致种植体错位植入的几率增大^[9]。因此,在临床种植手术过程中,术者在应用传统种植导板时往往需结合术者丰富的临床经验和技能,才能最终取得良好的术后效果。

3 数字化3D打印种植导板的制作及优缺点

3.1 数字化3D打印种植导板的制作 Francois Duret于1971年将CAD/CAM的种植导板引入口腔种植系统,目前已在世界范围内得到广泛开展与应用。CAD/CAM种植导板可通过CBCT,结合患者口腔内部情况、软组织形态、牙槽骨形态及骨量的信息,制

定以修复为导向的最佳种植设计方案,并且通过三维重建,将种植设计方案快速输出、成型^[10]。数字化3D打印种植导板采用CAD/CAM立体光刻、快速成型技术,将软件中模拟设计的最佳种植设计方案准确地切削成型^[11],实现为每位患者个性化量身定制种植导板^[12]。数字化3D打印种植导板的制造过程主要可以分为以下步骤:(1)制作放射导板,CBCT成像;(2)电脑断层扫描,三维重建;(3)使用种植手术计划设计软件进行种植体植入设计;(4)3D打印制作种植导板。对于如何获得无伪影的高分辨率CBCT影像,Sanna等^[13]于2007年首次提出二次扫描技术:患者首先在口内戴入含有散在不透射线标记物标记的放射导板接受第一次CBCT扫描;第二次CBCT扫描时,操作人员仅对射线导板进行扫描,确保前后两次导板扫描过程中,导板的位置固定不变。将前后两次标记的显影点影像图形扫描后重合。两组CBCT数据集进一步转换为与3D规划程序兼容的文件格式(DICOM文件)在软件中进行三维重建,最终形成患者的3D骨骼模型以及种植导板的3D模型^[13,14]。术者通过3D骨骼模型和3D放射导板模型的组合可以充分评估牙槽骨形态,并且通过每个截面视图来充分识别和标记诸如神经、血管之类的重要解剖结构^[15]。术者在三维重建软件中,可以旋转3D图像,并从各个角度查看、测量距离。通过三维重建、立体成像,软件中可以精确再现患者整体牙槽骨、软组织、血管等结构与三维空间虚拟成像的种植体、修复体之间联系。此时,术者可以通过使用3D植入计划软件在3个空间平面同时观察到牙槽骨和种植导板的形态,实行虚拟种植手术^[16~18],进一步设计种植体最佳植入位置、角度、深度和虚拟种植体直径。目前使用较多的种植体设计软件产品有SimPlant(Materialise Dental Inc, Leuven, Belgium), Procera(Nobel Biocare, Sweden), ImplantMaster(I-Dent Imaging, Israel)和Easy Guide(Keystone Dental, Burlington, USA)等^[19,20]。计算机完成种植体设计方案后,将其转化为STL文件格式保存,并传输至快速成型系统,采用立体光刻技术、3D打印技术制作种植导板。系统将三维模型数据离散分层后,得到系列分层数据,最终按照数据,逐层堆积、分层制造,每层均采用树脂进行固化,在树脂聚合物的连续堆叠中成型,以生成透明的3D树脂导板,该模型可以与硬组织或软组织表面紧密贴合。待树脂硬化后,形成一个带有圆柱形孔洞的导板,接着将不锈钢或钛合金导管固定于孔洞。

3.2 数字化3D打印种植导板的优缺点 利用CBCT扫描,CAD/CAM技术和数字化3D打印技术,牙科团队能够以修复为导向,制造出具有高精度和贴合度的个性化3D打印导板,在此基础上获得最佳种植体植入位点^[21,22]。基于CAD/CAM的数字化3D打印种植导板具有以下优势:在制作前使用来自CBCT的扫描数据,由专业软件导入整合成为可视化数据,进行三维重建,提供术区的信息,以帮助术者更好地准确定位种植体,提高种植成功率^[23~25]。术者可在术前精确评估患者术区组织形态,如术区牙槽骨组织形态、骨量、骨组织吸收情况。同时针对一些重要解剖结构进行测量,例如模拟种植体至上颌窦底或下牙槽神经的距离,上颌窦大小和位置,下牙槽神经位置、走行。由此,术者将根据具体情况及时调整手术方案,如翻瓣类型,是否同期进行骨增量或上颌窦提升手术等^[26,27],从而减少损害重要解剖结构的危险,降低手术侵入性,缩短手术暴露时间,减少术区肿胀几率。通过可视的个性化术前方案设计规划,术者可以与患者进行良好解释与沟通,减少术后压力,获得理解与配合。在软件设计制作过程中,通过上下咬合关系及咬合力的确定,术者可从生物力学和美学的角度可视化设计种植体位置,从而兼顾修复功能和美学效果。数字化3D打印种植导板也存在不足之处,例如需要相对复杂的软件设计,以及加工设备配合制造。其制作成本较高,较难进行临床广泛推广应用等^[28]。

4 总结与展望

由于临床上要求接受种植修复的患者人数增加,疑难种植病例的增长,以及种植手术方法的改进创新,对于术前诊断要求更加准确,并且对于种植体的植入精确度产生愈来愈高的要求。为了取得良好的术后治疗效果,种植导板的辅助是必要的^[29]。与传统种植导板相比,在相同条件下,CAD/CAM的数字化3D打印种植导板在三维成像的基础上,可能在提供更为精确的种植体植入位置的同时减少并发症发生。在临床应用中,以修复为导向,CAD/CAM的数字化3D打印种植导板的设计兼顾美学与功能修复,值得推广应用^[30]。

参考文献

- 1 Cucchi A, Sartori M, Parrilli A, et al. Histological and histomorphometric analysis of bone tissue after guided bone regeneration with non-resorbable membranes vs resorbable membranes and titanium mesh [J]. Clin Implant Dent Relat Res, 2019, 21(4): 693-701.
- 2 孙 瑶, 丁 茜, 原福松, 等. 一种牙支持式椅旁3D打印种植

- 手术导板的临床应用初探[J]. 实用口腔医学杂志, 2019, 35(5): 711-716.
- 3 蒋 晔, 张志宏, 刘红红, 等. 3D 打印种植导板在前牙区不同术式的精度比较[J]. 华西口腔医学杂志, 2019, 37(4): 403-407.
 - 4 赵晓军. 口腔种植中 3D 打印种植导板的应用[J]. 河北医科大学学报, 2018, 39(8): 986-989.
 - 5 Blustein R, Jackson R, Rotskoff K, et al. Use of splint material in the placement of implants[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 1986, 1(1): 47-49.
 - 6 Engelman M, Sorensen JA, Moy P. Optimum placement of osseointegrated implants[J]. *J Prosthet Dent*, 1988, 59(4): 467-473.
 - 7 向 峰. 种植外科导板的设计及制作研究进展[J]. 中国美容医学, 2017, 26(7): 128-131.
 - 8 Lal K, White GS, Morea DN, et al. Use of stereolithographic templates for surgical and prosthodontic implant planning and placement. Part I. The concept[J]. *J Prosthodont*, 2006, 15(1): 51-58.
 - 9 Widmann G, Bale RJ. Accuracy in computer-aided implant surgery—a review[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2006, 21(2): 305-313.
 - 10 Yi CR, Choi JW. Three-Dimension-Printed Surgical Guide for Accurate and Safe Mandibuloplasty in Patients With Prominent Mandibular Angles[J]. *J Craniofac Surg*, 2019, 30(7): 1979-1981.
 - 11 Yuan B, Zhou SY, Chen XS. Rapid prototyping technology and its application in bone tissue engineering[J]. *J Zhejiang Univ Sci B*, 2017, 18(4): 303-315.
 - 12 汪 烈, 陈智渊, 刘 融, 等. 个体化 3D 打印种植导板在多牙种植中的临床应用[J]. 上海口腔医学, 2017, 26(4): 453-457.
 - 13 Sanna AM, Molly L, van Steenberghe D. Immediately loaded CAD-CAM manufactured fixed complete dentures using flapless implant placement procedures: a cohort study of consecutive patients[J]. *J Prosthet Dent*, 2007, 97(6): 331-339.
 - 14 Komiyama A, Klinge B, Hultin M. Treatment outcome of immediately loaded implants installed in edentulous jaws following computer-assisted virtual treatment planning and flapless surgery[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2008, 19(7): 677-685.
 - 15 白石柱, 刘宝林, 陈小文, 等. 种植导板的制作及 CAD-CAM 技术的应用[J]. 实用口腔医学杂志, 2011, 27(1): 138-142.
 - 16 王美娟, 肖慧娟, 张 佳. 口腔数字化种植外科导板的研究进展[J]. 中国口腔种植学杂志, 2018, 23(1): 37-41.
 - 17 李 康, 朱芷仪, 孙雨虹, 等. 位点保存和数字化种植导板技术修复上前牙美学缺陷一例[J]. 中华口腔医学杂志, 2018, 53(8): 561-563.
 - 18 孙玉春, 李 榕, 周永胜, 等. 三维打印在口腔修复领域中的应用[J]. 中华口腔医学杂志, 2017, 52(6): 381-385.
 - 19 Rossi R, Morales RS, Frascaria M, et al. Planning implants in the esthetic zone using a new implant 3D navigation system[J]. *Eur J Esthet Dent*, 2010, 5(2): 172-188.
 - 20 Tardieu PB, Vrielinck L, Escolano E, et al. Computer-assisted implant placement: scan template, simplant, surgiguide, and SAFE system[J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2007, 27(2): 141-149.
 - 21 Oh WS, Saglik B. Use of a thermoplastic vacuum-formed matrix for secure engagement of an implant surgical template[J]. *J Prosthet Dent*, 2008, 100(4): 326-327.
 - 22 Nikzad S, Azari A. A novel stereolithographic surgical guide template for planning treatment involving a mandibular dental implant[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2008, 66(7): 1446-1454.
 - 23 Arfai NK, Kiat-Amnuay S. Radiographic and surgical guide for placement of multiple implants[J]. *J Prosthet Dent*, 2007, 97(5): 310-312.
 - 24 Wat PY, Pow EH, Chau FS, et al. A surgical guide for dental implant placement in an edentulous jaw[J]. *J Prosthet Dent*, 2008, 100(4): 323-325.
 - 25 田杰华, 邸 萍, 林 野, 等. 单牙即刻种植椅旁数字化即刻修复的临床观察[J]. 中华口腔医学杂志, 2017, 52(1): 3-9.
 - 26 汤雨龙, 惠瑞宗, 曹志强, 等. 3D 打印技术在口腔种植导板制作中的应用[J]. 解放军医药杂志, 2015, 27(11): 32-35.
 - 27 李晋蒙, 欧国敏. 计算机辅助设计种植导板精确性及其影响因素[J]. 华西口腔医学杂志, 2017, 35(1): 93-98.
 - 28 Klein M, Abrams M. Computer-guided surgery utilizing a computer-milled surgical template[J]. *Pract Proced Aesthet Dent*, 2001, 13(2): 165-169.
 - 29 柳忠豪, 申晓靖, 周文娟. 数字化种植的研究进展及发展趋势[J]. 口腔医学研究, 2019, 35(8): 725-729.
 - 30 王金生, 徐良伟, 蒋晨波, 等. CAD/CAM 导板在牙种植备孔中的精度分析[J]. 口腔医学研究, 2016, 32(11): 1196-1199.
- [收稿日期 2020-04-01][本文编辑 吕文娟 余 军]