

3D打印技术在口腔种植领域的应用进展

戴振宁¹, 张宇², 黄文华¹

1. 南方医科大学基础医学院解剖教研室, 广东 广州 510515; 2. 南方医科大学南方医院口腔科, 广东 广州 510515

【摘要】本文对3D打印技术在口腔种植导板和个性化种植体两个方向上的应用进行阐述,展示这项技术使种植技术发生的转变,并分析了这项技术在应用中存在的缺点和有待解决的问题。3D打印技术的应用将为口腔种植领域的发展带来深远和重大的影响。

【关键词】3D打印;口腔种植;个性化;口腔医疗;综述

【中图分类号】R782.1;R319

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2016)09-0952-03

Application progress of three-dimensional printing in oral implanting area

DAI Zhen-ning¹, ZHANG Yu², HUANG Wen-hua¹

1. Department of Anatomy, School of Basic Medicine, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China; 2. Department of stomatology, Nanfang Hospital, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China

Abstract: The application of three-dimensional (3D) printing in oral implanting guide plate and personalized implants were discussed in the paper, presenting the change of implanting technology. The existing shortcomings and problems to be solved of 3D printing in the application were also analyzed. The application of 3D printing technology will have a profound and significant impact on the development of oral implanting area.

Key words: three-dimensional printing; oral planting; personalized; stomatology; review

前言

3D打印(Three-dimensional Printing)是一种以计算机技术及三维数字成像技术为基础发展起来的快速成型技术^[1]。过去其常在工业设计及制造等领域被广泛应用,是第3次工业革命的核心技术之一。近些年3D打印技术在医疗领域中也得到了普及,其中在口腔种植领域的应用将对种植医学的发展带来重大影响。

1 3D打印技术概述

3D打印的具体步骤:第一步,也是3D打印过程

中最重要的一步,即数据的采集与获取^[2]。放射学诊断技术为医学领域中理想的数据获取手段,其图像数据获取简便,分辨率高且精确。比较常用的影像技术有核磁共振(MRI)及电子计算机断层扫描(CT)^[3]。第二步,将组织逐层扫描所得到的数据导入三维模型设计软件中,根据不同组织CT图像的灰度值差别,进行分离重建^[4]。最后,将分离重建之后所得到的三维模型,保存为3D打印机所能识别的STL格式,并用相应的3D打印机将其打印出来。目前3D打印技术主要有以下分类^[5]:①分层实体制造(Laminated Object Manufacturing, LOM);②熔融沉积成型(Fused Deposition Modeling, FDM);③选择性激光烧结(Selective Laser Sintering, SLS);④光固化(Stereo Lithography Appearance, SLA);⑤喷墨打印技术。喷墨打印技术又称生物打印技术,被应用于再生医学领域中皮肤、血管、骨骼、内脏器官等组织的再生与重建^[6]。3D打印技术最大的优点是可以利用CAD软件设计出的模型直接打印制作出实物,省略了繁琐的工业制造流程,替代传统制造技术投入生产可大幅提高生产效率,降低生产成本^[7]。

【收稿日期】2016-05-15

【基金项目】广东省科技重大专项(2015B010125005);广东省科技计划项目(2014A020212176);中国南方智谷引进创新团队项目(2015CXTD05)

【作者简介】戴振宁,硕士在读,研究方向:数字医学、口腔医学, E-mail: 409556338@qq.com

【通信作者】黄文华,教授,博士生导师,研究方向:临床应用解剖、数字医学, E-mail: huangwenhua2009@139.com

2 3D打印技术在口腔种植领域的应用进展

在口腔种植范畴内中,3D打印技术常与颌面部数据采集处理、计算机辅助设计(CAD)/计算机辅助制造(CAM)、标准化种植治疗程序相结合^[8]。目前国内外3D打印技术在口腔种植中的应用主要体现在以下方面。

2.1 3D打印口腔种植导航模板

2.1.1 3D打印口腔种植导航模板的应用背景及优势

以往的种植手术对术者的经验和技术水平要求比较高,种植体植入的角度和位置要根据局部颌骨的骨质量和解剖结构来设计,常常要在手术中翻开黏骨膜瓣后才能人为评估确定。术前设计好的植入位置 and 实际植入位置常发生偏差,不仅影响手术效果还会带来一些并发症^[9-10]。微创不翻瓣牙种植技术以其可以提高种植手术的精准度并减少术中出血、减轻术后肿胀、避免牙槽骨吸收和减轻患者恐惧心理等优势被广泛采用^[11-12]。种植导板的应用使微创不翻瓣手术成为了可能,同其他的外科导板一样,种植导板也是种植术区信息的载体,是种植手术中的引导工具^[13]。目前临床上多采用热压膜技术利用患者的口腔石膏模型制作种植导板,这种传统方法制作出来的种植导板并不能保证种植钉在颌骨内的位置^[14]。3D打印技术制作出的种植外科导板,通过术区信息的传递转移,可以设计出种植体的植入深度、角度、方向,避免伤害颌骨内重要的神经血管等解剖结构。即使是经验欠丰富的年轻医生,通过使用这种种植导板,也可以精确地完成种植手术^[15]。3D打印种植导板的应用提高了手术的精准度,大大降低了手术风险^[16-17]。

2.1.2 3D打印口腔种植导航模板的制作过程 使用口腔印模材料和石膏制备出患者的口腔模型,模型制作完成后对其进行扫描,得到牙齿的表面数据。并使用锥形束CT对患者的颌面部进行扫描,获取口腔内部能直接观察到牙齿、牙槽骨、重要的血管结构和下颌神经管走行的图像数据。整理采集完成的数据,将其导入CAD软件中进行三维重建,重建后得到患者口腔内牙齿、骨组织和软组织的三维图像。在此基础上设计手术方案,根据手术方案来确定种植体的植入深度和三维位置,并设计出种植导板的孔道位置,模拟手术过程。最后,将设计好的种植导板用3D打印机打印出来。

2.1.3 3D打印口腔种植导航模板的缺点 种植导板设计、制作、加工程序繁琐,如果各个环节出现误差并相互叠加,将最终影响到手术的精准度^[18];由于口腔黏膜具有可让性,导板带入后会出现微小的移动,

也将会导致实际与虚拟植入位置的偏差^[19];且在种植手术中,预备种植窝的过程会产生一定的热量,导板的带人可能会阻碍术区散热,最终热量积聚致使颌骨坏死导致手术失败^[20]。如果是后牙缺失,由于导板具有一定的厚度,带入后则会使原本的垂直空间变得更小,不利于扩孔钻的就位和手术操作。此外,导板的设计制作使整个手术的成本增加也是一个需要考虑的问题。

2.2 3D打印口腔个性化种植体

2.2.1 3D打印口腔个性化种植体应用背景及优势

近些年来,在种植领域中,即刻种植开始被众多专家所提倡。即刻种植是在拔除患牙的同期进行种植体的植入,这种手术的优势在于可以尽可能保留骨组织、维持软组织形态、简化诊疗过程、减少手术伤害^[21]。对于即刻种植,种植体的初始稳定性至关重要。目前临床上普遍在手术中植入比拔牙窝直径更大的种植体来提高过盈量,以得到良好的初期稳定性^[22]。而后牙的形态为多根形,临床中普遍应用的种植体多为带有螺纹的圆柱体结构^[23],与拔牙窝的形态不匹配。导致植入后种植体与牙槽骨之间留有空隙而不能形成良好的骨结合,进而影响种植体的初期稳定性^[24]。如何解决这一问题,需要我们深入的思考。凭借3D打印技术,只需利用CAD模型即可制作出个性化种植体^[25]。传统的机床加工方法,大多耗材又耗时,而且铸造工艺繁琐。铸件易出现缩孔,铸造不全等缺陷,导致加工件的力学性能较低,从而影响铸件质量。而3D打印技术除了有制作成本低、精度高、周期短、节省材料等优点外^[26],还可以制造出与自然牙牙根形态一致的个性化种植体。这种个性化种植体的优势在于,它的特殊形态特征使其具有良好的抗旋转性能,也能更好地模拟患者自然牙牙根的应力分布,可以使种植体更好地进行骨结合,从而获得良好的初期稳定性^[27]。

2.2.2 3D打印口腔个性化种植体制作方法 使用锥形束CT扫描患者颌面部,获取颌骨及牙齿的数据^[28]。将数据导入CAD软件中,分离重建出患者的牙齿三维图形,根据患者牙根形态设计出种植体^[29]。设计完成之后以STL格式输出,并应用相应的3D打印机进行个性化拟自然牙牙根形态的种植体制作。

2.2.3 3D打印口腔个性化种植体的缺点 个性化种植体制作程序相当复杂,如果每一个环节都出现误差最终累积到一起将大大影响种植体的精度;且3D打印的种植体需要通过一系列的生物相容性检测与成骨效能检验等测试,才能最终应用于人体。现阶段制作费用比较高昂。

3 展望

3D打印将使种植技术发生重大转变。一方面该技术缩短了治疗周期,使整个诊疗过程变得方便快捷,为病人节省了时间;另一方面,3D打印技术使口腔种植实现了定制化,每个病人都可以根据自己的病情定制个性化的治疗方案,使口腔诊疗变得更加人性化。与传统的种植技术相比,3D打印的应用大大提高了种植手术的精准率,治疗效果得到了更多的保证,因此将赢得更多患者的青睐。然而,目前3D打印技术的推广与普及仍存在着一定的难度:一方面,用于3D打印的设备与材料费用十分昂贵,让普通医院和诊所难以承受;另一方面,3D打印制造出的植入性器具在人体的应用,还有待相关部门的批准^[30]。如果解决了这些难题,相信在不久的将来,3D打印技术将在口腔种植领域普及,为口腔医疗事业的发展带来更多的帮助。

【参考文献】

- [1] 邓滨, 欧阳汉斌, 黄文华. 3D打印在医学领域的应用进展[J]. 中国医学物理学杂志, 2016, 33(4): 389-392.
DENG B, OUYANG H B, HUANG W H. Application progress of three-dimensional printing in medical field[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2016, 33(4): 389-392.
- [2] 董熠, 陈适, 潘慧, 等. 3D打印技术在医学教育的应用[J]. 协和医学杂志, 2014, 5(2): 234-237.
DA Y, CHEN S, PAN H, et al. Application of three-dimensional printing in medical education field[J]. Medical Journal of Peking Union Medical College Hospital, 2014, 5(2): 234-237.
- [3] 钟恩意, 刘瑞源, 高杰, 等. 3D生物打印技术及其在牙周骨缺损修复中的应用[J]. 中国医学物理学杂志, 2016, 33(1): 49-53.
ZHONG E Y, LIU R Y, GAO J, et al. Application of three-dimensional bio-printing technology in treatment for periodontal bone defect[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2016, 33(1): 49-53.
- [4] PLOOIJ J M, MAAL T J, HAERS P, et al. Digital three-dimensional image fusion processes for planning and evaluating orthodontics and orthognathic surgery. A systematic review[J]. Int J Oral Maxillofac Surg, 2010, 40(4): 341-352.
- [5] 徐步光, 李丹荣, 宁锐剑. 3D打印技术在口腔种植领域的应用及对牙科工业发展的革命性影响[J]. 中国医疗器械信息, 2015(8): 13-18.
XU B G, LI D R, NING R J. Application of 3D printing in oral planting area and its revolution impact in dental industry development[J]. China Medical Device Information, 2015(8): 13-18.
- [6] 王锦阳, 黄文华. 生物3D打印的研究进展[J]. 分子影像学杂志, 2016, 39(1): 44-47.
WANG J Y, HUANG W H. Research status and application of 3D bio-printing[J]. Journal of Molecular Imaging, 2016, 39(1): 44-47.
- [7] 黄华军, 曾参军, 李永欣, 等. 3D打印技术结合数字化技术在医学中的应用[J]. 广东科技, 2014(15): 57-59.
HUANG H J, ZENG C J, LI Y X, et al. Application of 3D printing combined with the digital technology in medicine[J]. Guang Dong Science & Technology, 2014(15): 57-59.
- [8] 孙成, 于金华. 3D打印技术在口腔临床的应用[J]. 口腔生物医学, 2014, 5(1): 49-52.
SUN C, YU J H. Application of three-dimensional printing in oral clinical[J]. Oral Biomedicine, 2014, 5(1): 49-52.
- [9] ALHASSANI A A, ALGHAMDI A S. Inferior alveolar nerve injury in implant dentistry: diagnosis, causes, prevention, and management [J]. J Oral Implantol, 2010, 36(5): 401-407.
- [10] 邓春富, 赵宝红, 张士剑. 种植义齿修复中常见问题原因分析及处理方法[J]. 中国实用口腔科杂志, 2009, 2(11): 656-659.
DENG C F, ZHAO B H, ZHANG S J. The analysis and solutions of the common problems in implant-supported dentures[J]. Chinese Journal of Practical Oral, 2009, 2(11): 656-659.
- [11] BRODALA N. Flapless surgery and its effect on dental implant outcomes[J]. Int J Oral Maxillofac Implants, 2009, 24(1): 118-125.
- [12] SAKINEH N, ABBAS A, AMANOLLAH G, et al. Modified flapless dental implant surgery for planning treatment in a maxilla including sinus lift augmentation through use of virtual surgical planning and a 3-dimensional model[J]. J Oral Maxillofac Surg, 2010, 68(9): 2291-2298.
- [13] ARAS M A. Types of implant surgical guides in dentistry: a review [J]. J Oral Implantol, 2012, 38(5): 643-652.
- [14] HULTIN M, SVENSSON K G, TRULSSON M, et al. Clinical advantages of computer-guided implant placement: a systematic review [J]. Clin Oral Implants Res, 2012, 23(6): 124-135.
- [15] 向梅, 张宇. 种植导板的设计制作及临床应用前景[J]. 中国组织工程研究, 2015, 19(3): 488-492.
XIANG M, ZHANG Y. Design, fabrication and clinical application of surgical implant guides [J]. Chinese Journal of Tissue Engineering Research, 2015, 19(3): 488-492.
- [16] 林俊生. 虚拟现实技术在口腔种植学领域的应用[J]. 当代医学, 2011, 17(28): 229-232.
LIN J S. Application of virtual reality in oral implantology [J]. Modern Medicine, 2011, 17(28): 229-232.
- [17] 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.
TANG Y L, HUI R Z, CAO Z Q, et al. 3D printing technique in application of the dental implant surgery guide [J]. Medical & Pharmaceutical Journal of Chinese People's Liberation Army, 2015, 27(11): 32-35.
- [18] ALEXRA B, MATTHIAS B, KRISTIAN K, et al. Accuracy assessment of cone beam computed tomography-derived laboratory-based surgical templates on partially edentulous patients [J]. Clin Oral Implants Res, 2012, 23(2): 137-143.
- [19] LUC M, GERT J, STEFAAN J, et al. A clinically relevant accuracy study of computer-planned implant placement in the edentulous maxilla using mucosa-supported surgical templates [J]. Clin Implant Dent Relat Res, 2015, 17(2): 343-352.
- [20] YONG L T, MOY P K. Complications of computer-aided-design/computer-aided-machining-guided (NobelGuide™) surgical implant placement: an evaluation of early clinical results[J]. Clin Implant Dent Relat Res, 2008, 10(3): 123-127.
- [21] 林东. 微小种植体及其骨组织生物力学的三维有限元研究[D]. 福州: 福建医科大学, 2007: 4-46.
LIN D. A three-dimensional finite element analysis for the biomechanical characteristics of micro-implant and the bone tissue [D]. Fuzhou: Fujian Medical University, 2007: 4-46.
- [22] 常晓峰, 胡娜, 李大旭, 等. 即刻种植的临床应用及美学研究[J]. 中国美容医学, 2011, 20(5): 817-820.

(下转962页)