

数字化全口义齿技术的发展和临床应用

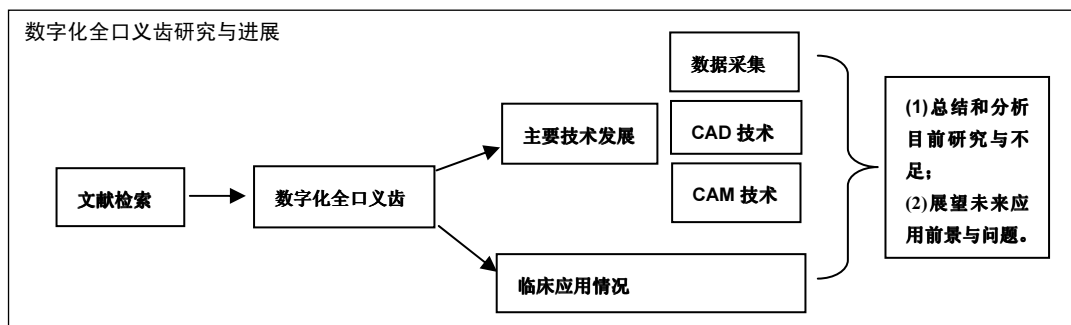
薛文利, 李晓捷(广西医科大学附属口腔医院修复科, 广西壮族自治区南宁市 530021)

引用本文: 薛文利, 李晓捷. 数字化全口义齿技术的发展和临床应用[J]. 中国组织工程研究, 2017, 21(26):4258-4264.

DOI:10.3969/j.issn.2095-4344.2017.26.027

ORCID: 0000-0002-9064-0882(李晓捷)

文章快速阅读:



薛文利, 女, 1989年生, 汉族, 陕西省咸阳市人, 硕士, 主要从事牙槽骨生理研究。

通讯作者: 李晓捷, 副教授, 博士, 硕士生导师, 广西医科大学附属口腔医院修复科, 广西壮族自治区南宁市 530021

中图分类号:R318

文献标识码:A

文章编号:2095-4344

(2017)26-04258-07

稿件接受: 2017-06-06

文题释义:

CAD/CAM: 即计算机辅助设计和计算机辅助制造技术, CAD指借助计算机软硬件生成并运用数字和图形信息设计产品, CAM指由计算机控制的数控加工设备对产品(如人工牙、基托等)进行自动加工成型的制作技术。**数字化全口义齿:** 是用三维扫描技术获取人工牙、无牙颌模型或印模、颌位关系, 面部信息等数据, 用专用软件进行数据参数化、模型重建、配准融合等, 形成虚拟的无牙颌, 确定殆平面、中线等, 然后虚拟排牙、设计基托、牙龈等全口义齿的三维形态, 用虚拟殆架调殆并保存数据, 将数据传输到 CAM 设备按照设计进行自动加工成型, 获得最终全口义齿。

摘要

背景: 近年来国内外学者对数字化全口义齿的研究逐渐增多, 相比传统全口义齿, 其具有减少患者复诊次数、节约临床时间、提高制作精度等诸多优点。

目的: 综述数字化全口义齿的技术发展和临床应用情况, 并分析其现有不足。

方法: 应用计算机检索 1980 至 2017 年 PubMed、CNKI、万方等数据库, 检索词为“CAD/CAM complete dentures、digital complete dentures、rapid prototyping dentures、manufactured dentures、computer dentures、machined dentures、designed dentures、milled dentures、artificial tooth、3D scanning、3D printing; 全口义齿, 数字化, CAD, CAM, 计算机辅助设计与计算机辅助制造, 人工牙, 三维扫描, 铣削, 3D 打印, 快速成型”。

结果与结论: 目前数字化全口义齿制作还不能完全实现数字化, 制取数字化印模时, 传统方式取模后扫描牙颌模型的间接方式仍是主流的数据采集技术。将来, 直接扫描患者牙槽嵴及其周围软组织, 直接数字化确定颌位关系等技术问题有待继续解决。开发强度、美观、舒适度适合的新性能 3D 打印人工牙及基托材料, 将人工牙和基托整体 3D 打印出来作为最终义齿等改进, 将会使数字化义齿技术越来越成熟。

关键词:

生物材料; 口腔生物材料; 全口义齿; 数字化; CAD; CAM; 计算机辅助设计与计算机辅助制造; 人工牙; 三维扫描; 铣削; 3D 打印; 快速成型; 广西壮族自治区自然科学基金

主题词:

义齿, 全口; 计算机辅助设计; 组织工程

基金资助:

广西自然科学基金(2013GXNSFBA019162); 广西高校中青年教师基础能力提升项目(2017KY0092)

Xue Wen-li, Master,
Department of
Prosthodontics, College of
Stomatology, Guangxi
Medical University, Nanning
530021, Guangxi Zhuang
Autonomous Region, China

Corresponding author:
Li Xiao-jie, M.D., Associate
professor, Master's
supervisor, Department of
Prosthodontics, College of
Stomatology, Guangxi
Medical University, Nanning
530021, Guangxi Zhuang
Autonomous Region, China

Advances and clinical application in digital complete denture

Xue Wen-li, Li Xiao-jie (Department of Prosthodontics, College of Stomatology, Guangxi Medical University, Nanning 530021, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China)

Abstract

BACKGROUND: In recent years, increasing studies focus on digital complete denture. Digital complete denture has many advantages such as reducing patient visit times, saving chairside time, improving manufacturing precision in comparison with traditional complete denture.

OBJECTIVE: To review the development of technology and clinical application of digital complete denture, and to analyze the existing insufficiencies.

METHODS: Articles published from 1980 to 2017 were searched in PubMed, CNKI and WanFang databases. The key words were "CAD/CAM complete dentures, digital complete dentures, rapid prototyping dentures, manufactured dentures, computer dentures, machined dentures, designed dentures, milled dentures, artificial tooth, 3D scanning, 3D printing" in English and Chinese, respectively.

RESULTS AND CONCLUSION: Currently, the production of complete denture using digital technology cannot be fully realized. During digital impression, to scan the traditional dental casts is still the mainstream technology for data acquisition technology. Future investigations on scanning the patient alveolar ridge and its surrounding soft tissue directly and digitally recording the jaw relation directly are warranted. To develop 3D-printed artificial teeth and base materials with proper strength, aesthetics, comfort levels as well as 3D printing of the artificial tooth and the base as the final denture will make digital denture technology more mature.

Subject headings: Denture, Complete; Computer-Aided Design; Tissue Engineering

Funding: the Natural Science Foundation of Guangxi Zhuang Autonomous Region, No. 2013GXNSFBA019162: Ability Improving Program of Young and Middle-aged Teachers of Colleges and Universities in Guangxi Zhuang Autonomous Region, No. 2017KY0092

Cite this article: Xue WL, Li XJ. Advances and clinical application in digital complete denture. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2017;21(26):4258-4264.

0 引言 Introduction

随着老年人的增多, 无牙颌患者持续增长, 目前黏膜支持式全口义齿仍是无牙颌患者修复的主要方式, 且义齿的制作仍主要采用传统方式。但传统的方式有诸多不足: 患者复诊次数多(五六次), 椅旁时间多, 基托与组织面不够密合, 重新制作义齿不方便等。数字化技术制作的全口义齿可改善这些不足。数字化技术即计算机辅助设计和计算机辅助制造技术, 从20世纪80年代起就被应用于口腔领域^[1]。随着数字化技术的飞速发展, 现今牙科CAD/CAM系统已被广泛应用于全冠、嵌体、贴面、固定局部义齿、种植基台及颌面赝复体等^[1-2]。全口义齿方面的应用却起步较晚, 1988年起, 吕培军等^[3-5]发表了人类牙弓颌弓形态服从幂函数 $Y=A|x|^B$ 的文献, 并在此基础上编制全口排牙程序, 随后设计驱动机械手排牙, 对全口义齿的数字设计进行了重要的探索。1994年, Maeda等^[6]制作出了第一副数字化全口义齿。2012年, Inokoshi等^[7]发表了关于数字化全口义齿的临床报道。目前国内外已出现了一些数字化全口义齿系统, 主要有美国AvaDent系统、Dentca系统, 丹麦3shape系统, 德国的Ceramill系统、Wieland系统、Pala系统, 法国的Dassault系统, 加拿大的Dentalwings系统, 中国北大极光系统等^[2, 7-11]。国外系统如AvaDent、Dentca、3shape、Ceramill系统现已形成较成熟的商业模式^[8-10](表1), 而国内的北大极光系统还未见其商业报道。

数字化全口义齿方面的技术及临床应用报道目前相对不多, 主要有以下原因: 全口义齿形态复杂, 制作流程多, 涉及记录、转移关系、设计、制作义齿, 最终还要与患者的面部相协调。整个流程甚是复杂, 要用数字化技术完成这一过程难度较高; 数据采集、CAD和CAM等方面的技术瓶颈都有待继续攻克, 尤其是CAD软件方面, 数据、图像转换配准的精度等都有待进一步提高; CAM方面, 能进行全口义齿3D打印和数控切削的材料均有限; 软硬件成本高昂也制约了其应用。因而

要用CAD/CAM技术制作全口义齿比较困难, 其系统的开发及临床应用一直相对较滞后。但相比传统全口义齿工艺, 数字化全口义齿具有独特的优势^[12-13]: 义齿制作完成只需两到三次就诊; 采用数字化加工技术可更好地控制质量, 减少人为错误, 义齿精度更高, 微量调整便可形成最佳咬合; 最小限度的孔隙率, 微生物的附着及感染概率都明显减少; 不需要人工排牙, 减少了医生和技师的劳动强度; 以数据形式储存了病人的数据, 可为义齿制作后短期内损坏或丢失且口内情况未变化的患者即刻重新制作义齿; 可扫描复制修改后的旧义齿作为个别托盘, 简化重做义齿工序^[14]; 可完成用传统全口义齿较难解决的病例, 如结合锥形束CT精确定位缓冲基托组织面^[15]。因而, 数字化全口义齿研发前景广阔。现就数字化全口义齿的主要技术发展和临床应用情况作一综述。

1 资料和方法 Data and methods

1.1 资料来源 由第一作者在 PubMed、CNKI、万方数据库检索1980至2017年相关文献, 检索词英文为“CAD/CAM complete dentures, digital complete dentures, rapid prototyping dentures, manufactured dentures, computer dentures, machined dentures, designed dentures, milled dentures, artificial tooth, 3D scanning, 3D printing; 全口义齿, 数字化, CAD, CAM, 计算机辅助设计与计算机辅助制造, 人工牙, 三维扫描, 铣削, 3D打印, 快速成型”, 并且在互联网上搜索数字化全口义齿系统的官方网站。

1.2 资料筛选标准

入选标准: ①所有关于数字化全口义齿研究的相关文献; ②近期发表或发表在权威杂志的文献。

排除标准: 将无关、重复的研究文献, 没有用口腔专业术语描述CAD/CAM的文献排除。

1.3 文献质量评价 共搜索文献2 134篇, 排除2 083篇, 共纳入51篇文献。

表 1 几种比较成熟的数字化全口义齿系统

系统名称	数据采集主要方式	CAD 软件	CAM 主要方式
AvaDent 系统 ^[8]	用专用测量记录装置在口内取模, 确定好颌位关系、咬合平面、中线、笑线、上前牙位置等, 扫描硅橡胶终印模和带有终橡胶印模的颌间记录装置, 获取数据	AvaDent software	减法技术铣销出有牙槽凹刻的基托后, 将成品人工牙粘接在牙槽凹刻上形成最终义齿。也可先用快速成型技术制作试排牙齿或用减法技术切削蜡基托与人工牙粘接后制作试排牙齿, 合适后再制作最终义齿
Dentca 系统 ^[8]	使用专用测量尺记录上唇长度, 扫描并获取用专用测量记录装置在口内确定好颌位关系的带有硅橡胶终印模的颌间记录装置, 获取数据	Dentca software	可先使用快速成型技术制造试排牙齿, 之后采用传统技术获得最终义齿
3Shape 系统 ^[9]	用常规方式在口内确定好颌位关系、中线、笑线等, 用专用扫描仪, 如 3Shape D810 扫描仪扫描蜡颌托和上、下无牙颌石膏模型, 获取数据	3Shape Dental system	用减法技术分别铣销出有牙槽凹刻的基托和牙列, 将二者粘接得到最终义齿
Ceramill 系统 ^[10]	用常规方式在口内确定好颌位关系、咬合平面、中线、笑线、上前牙位置等, 用专用扫描仪, 如 Ceramill Map400 扫描蜡颌托和上下无牙颌石膏模型, 获取数据	Ceramill Mind	用减法技术铣销带有牙槽凹刻的蜡基托, 将人工牙与其粘接制作试排牙齿, 之后用传统技术制作最终义齿

2 结果 Results

2.1 数字化全口义齿主要技术 数字化全口义齿是用三维扫描技术获取人工牙、无牙颌模型或印模、颌位关系、面部信息等数据, 用专用软件进行数据参数化、模型重建、配准融合等, 形成虚拟的确定好颌位关系的无牙颌, 并虚拟确定颌平面、中线等, 然后虚拟排牙、设计基托、牙龈等全口义齿的三维形态, 之后用虚拟颌架调验并保存数据, 将数据传输到CAM设备按照设计进行自动加工成型, 获得最终全口义齿。

2.1.1 数据采集 数字化全口义齿数据采集分为2部分: 第1部分需要采集人工牙数据, 用CAD软件建立人工牙三维数据库并储存(图1)^[16], 这是建立全口义齿数字化系统的前提, 为后续CAD排牙做准备; 第2部分相当于传统全口义齿获取初印模、终印模、颌位关系、面部丰满度等信息的过程, 传统方式中, 这个过程患者需要多次就诊, 较繁琐, 对医师的技术要求较高且有一定主观性。数字化采集信息患者第1次就诊就可完成, 效率高, 且可减小对医师技术和主观性的依赖程度。数字化印模采集主要有直接法和间接法。直接法是用三维扫描数字传感器直接在患者口内扫描牙槽嵴、黏膜, 获取所需数据^[17]。目前此技术虽可减少患者的不适感, 但还存在较大误差^[18], 因黏膜的可移动性等特点, 获取的无牙颌黏膜表面数据还不够准确, 扫描耗时较长, 不能获得肌功能整塑的边界且口内扫描设备成本较高^[11]。因此口内直接三维扫描获取数字印模的技术应用仍受限。目前主要采用扫描牙颌印模或模型的间接方式。

全口义齿数据采集的核心问题在于颌位的选择和确定。由于直接扫描处于下颌姿势位的上下颌牙槽嵴时, 不能确保上下颌的稳定性, 还不能采用。目前可间接扫描在口内确定好颌位关系的颌间记录装置^[8, 19](如可确定下颌正中关系位与垂直距离的解剖测量装置, 见图2)或者扫描带有颌托的上下颌石膏模型^[20]。扫描后可得到高精度的无牙颌数字模型正中关系和垂直距离数据^[21-22]。还应采集患者下颌的个性化运动轨迹信息,

以便与后续设计好的全口义齿数字化模型及颌堤的三维数据配准形成虚拟颌架。目前可使用电子面弓、下颌咬合运动轨迹描记仪等进行下颌运动轨迹数据采集^[11, 23]。但由于目前记录下颌运动轨迹的设备及应用较复杂, 还未推广应用。修复后的面部容貌也是重要的一方面, 用数字技术获取患者修复后面部信息, 然后用软件进行定量分析, 可更精确地研究患者面部信息变化, 甚至可预测模拟修复后面容^[24-25], 提高义齿制作效果。用三维扫描技术获取患者修复前面部信息、颌位关系数据, 可用于在CAD排牙完成后用软件进行虚拟试戴牙、虚拟临床评估排牙情况等, 减少就诊次数^[19]。在完成临床上的上述信息采集工作后, 将获取的数据或制取的印模、颌间记录装置等送至义齿加工中心, 进行扫描、整合、配准等(图3), 用于后续CAD。

数据采集涉及到的技术主要有: ①接触式三坐标测量技术^[6, 26]: 是通过探头与物体(如人工牙、无牙颌模型或印模)表面点接触获取其表面三维数据。此法可能会对物体表面产生划痕, 且探头不能接触到的表面就无法获取其数据, 扫描速率低, 操作时间久, 对环境要求高, 成本高, 可获取印模、无牙颌模型或人工牙的数据, 现已较少使用; ②自动切层扫描技术^[16, 27]: 是采用数控铣床或层析机将被测物体切成层, 然后用数据采集系统收集断层的二维信息数据, 用图像处理软件再现被测物体三维图形。此技术可扫描不容易测量的物体, 精度高, 成本低, 速度快, 基本无测量盲区, 还能得到物体内部数据, 但会破坏被测物体, 现应用较少, 可用于获取人工石膏牙或无牙颌石膏模型的数据^[16, 27]; ③三维激光扫描^[6, 9, 16, 24]: 是一种非接触测量技术, 通过激光(点激光、线激光)扫描获取被测物体表面的三维坐标点云数据, 快速重构物体三维虚拟模型, 其测量精度高, 分辨率高, 操作简便, 成本较低。但由于模型存在倒凹, 会有扫描盲区^[16]。由于目前口内直接扫描的使用仍受限, 其主要用于人工牙、无牙颌模型、在口内确定好颌位关系的颌间记录装置、带有颌托的上下无牙颌模型、患者面部信

息等数据的获取; ④计算机体层摄影技术^[7, 24, 28]: 即锥形束CT扫描技术, 是利用X射线围绕物体特定部位旋转扫描获得二维图像, 通过计算机处理获取物体的三维重建图形, 其适用性好, 但空间分辨率不够高, 重建图像的速度较低, 成本较高且属介入性方式, 可用于获取人工牙、无牙颌模型等数据; ⑤三维立体摄影测量技术^[25, 29-30]: 是通过2台以上的摄像机从不同角度获取患者面部的二维图像, 通过计算机分析整合成能显示出面部质地的三维图像^[31], 属于非介入性, 安全、快速^[32-33], 主要用于患者修复前后面部软组织信息的获取。

2.1.2 CAD技术 CAD是数字化全口义齿系统的关键技术之一, 不同的系统有各自专用的CAD软件, 如Ceramill Mind软件、3Shape Dental System软件等, 均结合了计算机数据库中储存的与全口义齿设计相关的原理、数据等, 用CAD软件将获取的无牙颌终印模或模型扫描数据、颌关系记录扫描数据、面部扫描数据等进行参数化、上下颌模型三维重建、配准融合等, 用软件检测排牙重要参考标志, 自动确定骀平面、中线、横骀曲线、纵骀曲线及腭后缘封闭区等, 并创建空间三维坐标系, 排牙曲线, 在曲线上标出牙齿的三维定位标志点, 从人工牙三维数据库中自动选牙并按照排牙原则进行三维虚拟排列, 设计基托、牙龈形态, 最后在计算机屏幕呈现完成的全口义齿虚拟三维图像^[9, 16, 34](图4), 到此全口义齿数字模型完成。接下来是虚拟骀架的建立并运用。将数字模型的三维坐标与采集的个性化下颌运动轨迹坐标, 基于扫描的颌堤三维数据进行配准融合, 形成个性化虚拟骀架进行虚拟调骀。虚拟骀架可根据采集的数据进行三维空间观察, 模拟患者开闭口、前伸、后退、侧方等功能性运动, 自动识别并检测咬合接触关系(早接触、骀干扰等), 用颜色梯度显示接触区位置、接触范围、上下虚拟人工牙之间非接触区的距离, 并在接收计算机指令后自动进行精准的虚拟选磨调骀, 瞬时去除咬颌高点^[35-36](图5)。上述完成之后, 还可将设计好的3D图像发送给医生检查, 确定后再开始义齿的CAM^[37]。虽然目前各系统的CAD软件都已相对成熟, 但仍有需要继续改进的方面, 比如采集的三维数据转换配准融合精度有待继续提高; 人工牙与铣削的基托粘接后原本的位置存在偏离^[38-39], 需要在设计时校正; 虚拟骀架还不能完全模拟人体口颌系统的生理运动等^[40]。

2.1.3 CAM技术 将全口义齿三维虚拟模型通过CAD软件设计好后, 三维数据传输到CAM设备自动加工进行实物制造。目前全口义齿的CAM技术主要有以下几种: 加法加工技术、减法加工技术、机器人辅助排牙技术。加法加工技术^[2, 13], 也称增量加工技术, 即快速成型或3D打印技术, 是将设计好的物体三维图形用软件分割成连续多层叠加的二维图像, 并在加工程序控制下使快速

成型设备通过不断堆放材料形成连续层, 然后逐层堆积形成物体原型, 最后再进行表面处理^[13], 主要包括立体光刻技术、选择性激光烧结技术、分层实体制造技术等。加法加工技术目前用于4种类型: 打印出物理石膏阴模, 插入人工牙, 充胶, 然后按照传统方式制作出最终义齿; 整体3D打印出牙列和基托, 由于材料性能的限制, 这种方式目前主要用树脂材料或者蜡来打印试排牙阶段义齿^[8, 41](图6A), 且精度能达到临床要求; 激光快速成型技术打印钛基托^[42]; 3D打印全口义齿个别托盘^[43]。加法加工直接、快速, 不受加工物体形状的复杂性制约, 但此种加工类型会使最终模型因为逐层堆积后固化产生收缩而出现差异, 且其美观性有待提高^[2, 7]。加法加工技术能打印的聚合物和金属还有限, 且不能打印牙科陶瓷材料^[2]。目前用于全口义齿3D打印的材料主要有石膏、树脂类、聚乳酸类、钛和蜡。减法加工技术^[2, 13], 也称去除式加工技术, 如计算机数控制造是将物体三维CAD数据传入由计算机程序控制的电动铣削设备、将成型的大块材料铣削得到设计的物体原形、按铣削环境分为湿铣削和干铣削; 按轴的数量分3轴、4轴、5轴、4轴和5轴可通过不同的XYZ轴线性上下移动。铣削钻直径越小切割精度就越高^[44], 因此小于铣削钻直径的一些表面特征铣削精度就不足。目前减法制作全口义齿主要有以下方式: 铣削有牙槽凹刻的基托, 然后将成品人工牙粘接在铣削基托的凹刻处, 完成全口义齿^[28, 45](图6B-D); 分别铣削出牙列和有牙槽凹刻的基托^[9, 34], 将两部分粘接后得到最终全口义齿; 用将牙齿和基托材料交联为整体的材料, 将基托和人工牙整体铣削作为最终全口义齿^[2, 37]。减法加工生产效率高^[28], 整体铣削材料人工牙部分可由牙本质和牙釉质类材料多层组成, 相比传统成品人工牙更自然美观、更耐磨、义齿整体强度更高^[37]。目前用于全口义齿的切割材料主要限于蜡块和树脂类材料^[2]。由于存在倒凹和切削误差, 切削的牙列和基托在对位粘接时会有不能直接完全吻合的情况^[34, 38-39]。国内创建的机器人排牙技术是在完成CAD设计后, 以数字化控制机器人方式实现机器人辅助全口义齿排牙制作牙列, 相比传统方式更加快速精确, 但此技术只能排牙, 不能制造基托, 仅处于试验阶段^[5]。

2.2 数字化全口义齿的临床应用情况 目前数字化全口义齿应用到临床的报道主要有以下几方面: ①数字化全口义齿临床具体操作过程: 2013年开始陆续有学者报道了AvaDent系统^[8, 46]、Dentca系统^[8]、Ceramill系统的具体临床过程^[10], 均可二次就诊即完成义齿制作; ②与传统全口义齿相比, 数字化全口义齿的临床效果: Inokoshi^[7]、Kattadiyil^[47]、Saponaro^[48]和Bidra等^[49]将数字化与传统全口义齿从美观、适合性、整体满意度等方面进行横向或者纵向比较, 表明CAD/CAM全口义齿的临床效果良好, 无论从医生还是患者角度, 满意度均

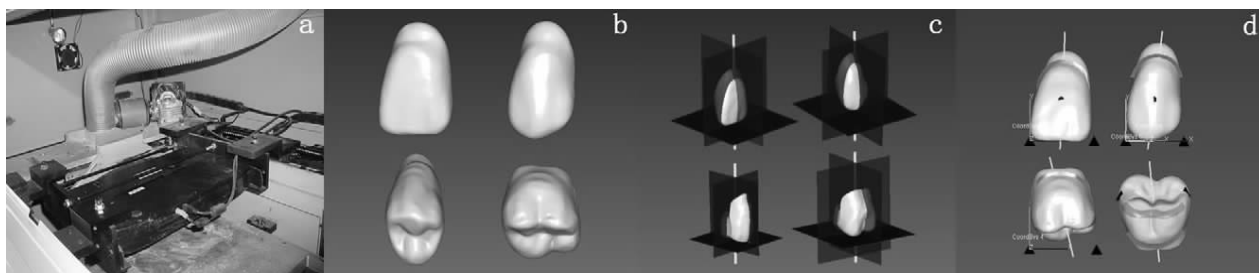


图1 建立虚拟人工牙数据库

图注: 图中 a 为三维扫描仪, b 为人工牙三维数据, c 为人工牙的矢状面、冠状面、咬合平面, d 为数据库中建好的有坐标系及牙龈等标志线的标准虚拟人工牙^[16]。

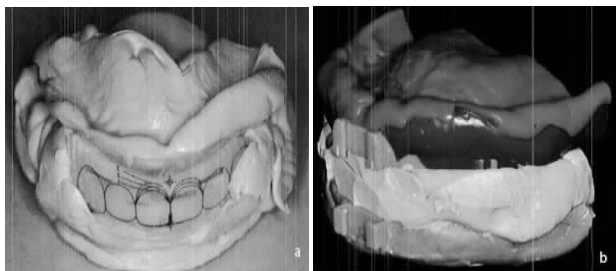
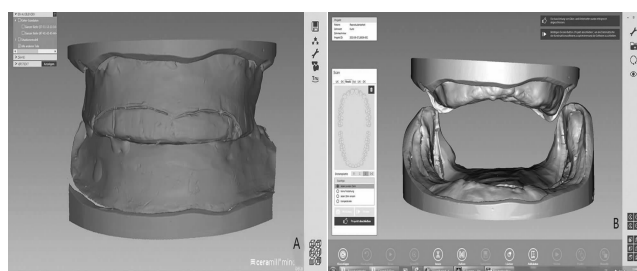
图2 可供 AvaDent 系统(a)和 Dentca 系统(b)扫描的颌间记录装置^[8]

图3 扫描带有殆托的上下颌石膏模型及确定上下颌虚拟模型

图注: 图中 A 为扫描的带有殆托的上下颌石膏模型; B 为将上下颌石膏模型数据与殆托数据配准后得到的确定好颌位关系的上下颌虚拟模型^[10]。

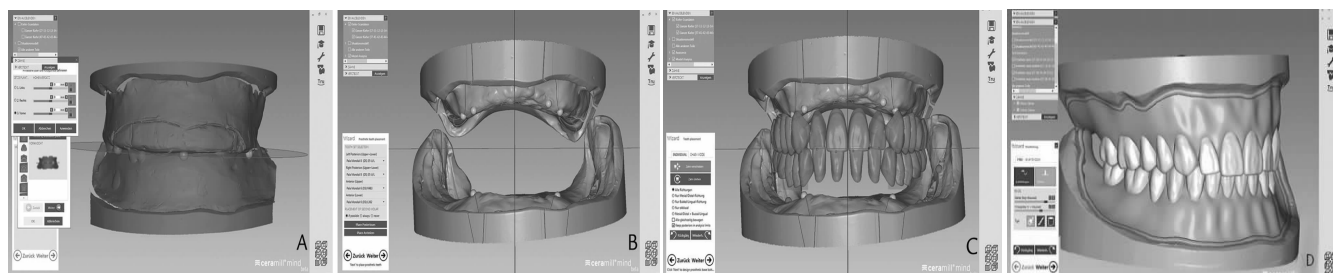


图4 全口义齿虚拟设计

图注: 图中 A 为根据殆托建立虚拟的颌平面; B 为虚拟模型分析; C 为虚拟排牙; D 为排牙后虚拟设计牙龈、基托^[10]。

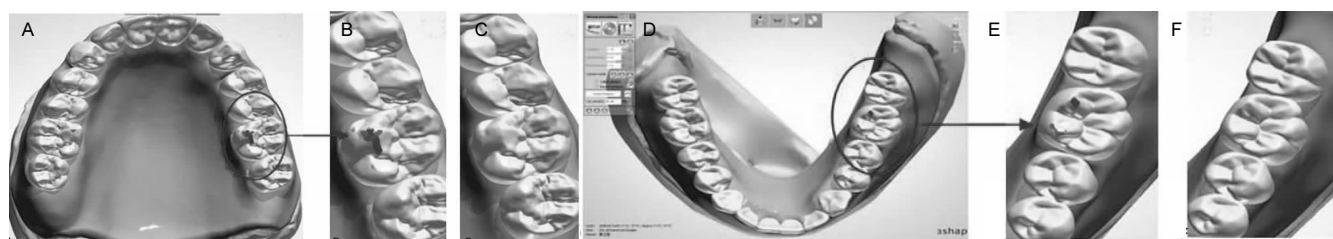


图5 虚拟调殆

图注: 图中 A、B、D、E 为程序自动检测虚拟上、下颌义齿的咬合状态后, 用颜色梯度显示的上下颌干扰点, C、F 为自动调殆之后^[9]。

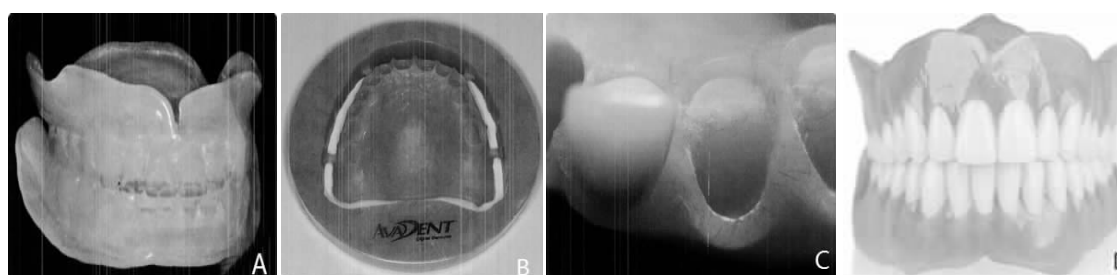


图6 全口义齿制作过程

图注: A 为 3D 打印的试排牙义齿^[8], B 为铣削出有牙槽凹的基托^[8], C 为将成品人工牙粘接在铣削出的牙槽凹上^[8], D 为制作的最终全口义齿^[37]。

显著高于传统全口义齿,特别是在椅旁操作时间、加工密度、可操作性方面。其中Bidra等为期1年的纵向研究表明医生、患者均较满意,且患者的整体满意度高于医生;③与传统全口义齿相比,数字化全口义齿的优越性:McLaughlin等^[50]用AvaDent系统铣削的树脂基托作为颌位记录及试排牙时的暂基托,并将该暂基托作为终基托,为无牙颌患者制作全口义齿,相比传统基托适用性更好,义齿基托收缩小,咬合误差更少。Kurahashi等^[14]用3D打印技术复制患者原有义齿后,作为个别托盘,制取压力印模转关系后制作最终义齿,相比传统个别托盘制作过程更简便,节约了材料、椅旁时间,患者就诊次数少,适用于需要更换义齿而旧义齿可直接复制或稍作修改可复制的病例。另外,应用数字化全口义齿技术可更好地完成临床上传统技术不易解决的问题,并取得了更好的临床效果。关于牙槽嵴吸收严重、额孔离牙槽嵴很近甚至位于牙槽嵴顶的病例,Ohkubo等^[15]报道了用Dentca系统对一病例使用数字化双CT扫描定位额孔位置,然后精确缓冲基托,戴上最终义齿后咀嚼无异常感觉,取得了良好效果,显示了独特优势。数字化全口义齿重要的优势是减少了医生椅旁操作时间和患者的复诊时间,但缺少长期临床数据。虽然国内外已出现了多个数字化全口义齿系统且有其独特优势,但仍有需要改进的方面^[48]。如由于RP义齿的美观性不足,义齿的尺寸稳定性不足,亟需开发使其更美观的材料,用3D激光扫描或CAD软件运算数据弥补扫描过程中的差异,提高义齿的尺寸稳定性^[7]。

3 小结 Conclusions

数字化全口义齿有着良好的前景,但目前其制作还不能完全实现数字化,制取数字化印模时,传统方式取模后扫描牙颌模型的间接方式仍是主流的数据采集技术。将来,直接扫描患者牙槽嵴及其周围软组织,直接数字化确定颌位关系等技术问题有待继续解决^[11]。虚拟检测牙齿排列的技术,如使用虚拟的发音器官检测牙齿排列^[7],虚拟预测修复后面容等技术问题都有待攻克。开发强度、美观、舒适度适合的新性能3D打印人工牙、基托材料,将人工牙和基托整体3D打印出来作为最终义齿等改进,将会使数字化义齿技术越来越成熟。目前,国外一些牙科学校已经开设了数字化全口义齿相关的课程,主要涉及制作基托和试排牙阶段的义齿^[51],随着该技术的成熟,有待建立更多大型的数字化加工中心,使数字化全口义齿在国内外的普及应用成为可能。

作者贡献: 薛文利搜索文献、撰写文章并修改,李晓捷选题并对文章进行审阅、修改。

利益冲突: 所有作者共同认可文章无相关利益冲突。

伦理问题: 文章的撰写与编辑修改后文章遵守了《系统综述和荟

萃分析报告规范》(PRISMA 指南)。

文章查重: 文章出版前已经过 CNKI 反剽窃文献检测系统进行 3 次查重。

文章外审: 文章经国内小同行外审专家双盲外审,符合本刊发稿宗旨。

作者声明: 第一作者对研究和撰写的论文中出现的不端行为承担责任。论文中涉及的原始图片、数据(包括计算机数据库)记录及样本已按照有关规定保存、分享和销毁,可接受核查。

文章版权: 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

开放获取声明: 这是一篇开放获取文章,文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享3.0”条款,在合理引用的情况下,允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展,同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献,并为之建立索引,用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

4 参考文献 References

- [1] Miyazaki T,Hotta Y,Kunii J,et al.A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience.Dent Mater J.2009;28(1):44-56.
- [2] Alghazzawi TF.Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. J Prosthodont Res. 2016;60(2):72-84.
- [3] 吕培军,李国珍,谭京.计算机辅助设计总义齿排牙方案及可调式排牙器的研究[J].现代口腔医学杂志,1988,2(3):166-167.
- [4] 吕培军,李国珍.计算机辅助设计在全口义齿排牙的应用[J].中华口腔医学杂志,1992,27(3):134-6.
- [5] 吕培军,王勇,李国珍,等.机器人辅助全口义齿排牙系统的初步研究[J].中华口腔医学杂志,2001,36(2):139-42.
- [6] Maeda Y,Minoura M,Tsutsumi S,et al.A CAD/CAM system for removable denture. Part I: Fabrication of complete dentures. Int J Prosthodont.1994;7(1):17-21.
- [7] Inokoshi M,Kanazawa M,Minakuchi S.Evaluation of a complete denture trial method applying rapid prototyping.Dent Mater J.2012;31(1):40-46.
- [8] Kattadiyil MT,Goodacre CJ,Baba NZ.CAD/CAM complete dentures: a review of two commercial fabrication systems.J Calif Dent Assoc.2013;41(6):407-416.
- [9] Han WL,Li YF,Zhang Y,et al.Design and fabrication of complete dentures using CAD/CAM technology. Medicine (Baltimore).2017;96(1):e5435.
- [10] Wimmer T,Gallus K,Eichberger M,et al.Complete denture fabrication supported by CAD/CAM.J Prosthet Dent. 2016; 115(5):541-546.
- [11] 张鹏,李伟伟,王勇,等.多源数据获取技术在全口义齿数字修复中的应用进展[J].中华口腔医学杂志. 2016,51(2):124-8.
- [12] Bidra AS,Taylor TD,Agar JR.Computer-aided technology for fabricating complete dentures: systematic review of historical background, current status, and future perspectives.J Prosthet Dent. 2013;109(6):361-366.
- [13] Bilgin MS,Baytaroglu EN,Erdem A,et al.A review of computer-aided design/computer-aided manufacture techniques for removable denture fabrication.Eur J Dent.2016;10(2):286-291.
- [14] Kurahashi K,Matsuda T,Goto T,et al.Duplication of complete dentures using general-purpose handheld optical scanner and 3-dimensional printer: Introduction and clinical considerations. J Prosthodont Res.2017;61(1):81-86.

- [15] Ohkubo C, Park EJ, Kim TH, et al. Digital Relief of the Mental Foramen for a CAD/CAM-Fabricated Mandibular Denture. *J Prosthodont*. 2016. [Epub ahead of print]
- [16] Sun Y, Lu P, Wang Y. Study on CAD&RP for removable complete denture. *Comput Methods Programs Biomed*. 2009;93(3):266-272.
- [17] Patzelt SB, Bishti S, Stampf S, et al. Accuracy of computer-aided design/computer-aided manufacturing-generated dental casts based on intraoral scanner data. *J Am Dent Assoc*. 2014;145(11):1133-1140.
- [18] Patzelt SB, Emmanouilidi A, Stampf S, et al. Accuracy of full-arch scans using intraoral scanners. *Clin Oral Investig*. 2014;18(6):1687-1694.
- [19] Schweiger J, Guth JF, Edelhoff D, et al. Virtual evaluation for CAD-CAM-fabricated complete dentures. *J Prosthet Dent*. 2017;117(1):28-33.
- [20] Sun Y, Yuan F, Li H, et al. Evaluation of the accuracy of a common regional registration method for three-dimensional reconstruction of edentulous jaw relation by a 7-axis three-dimensional measuring system. *Biomed Mater Eng*. 2014;24(1):1275-1287.
- [21] Yuan FS, Sun YC, Wang Y, et al. Accuracy evaluation of a new three-dimensional reproduction method of edentulous dental casts, and wax occlusion rims with jaw relation. *Int J Oral Sci*. 2013;5(3):155-161.
- [22] Li W, Yuan F, Lv P, et al. Evaluation of the quantitative accuracy of 3D reconstruction of edentulous jaw models with jaw relation based on reference point system alignment. *PLoS One*. 2015;10(2):e0117320.
- [23] Hayashi K, Hayashi M, Reich B, et al. Functional data analysis of mandibular movement using third-degree b-spline basis functions and self-modeling regression. *Orthodontic Waves*. 2012; 71(1):17-25.
- [24] Katase H, Kanazawa M, Inokoshi M, et al. Face simulation system for complete dentures by applying rapid prototyping. *J Prosthet Dent*. 2013;109(6):353-360.
- [25] Iordanova MV, Iordanova SV, Chaprashikian OG. Changes of the facial soft tissue profile in complete denture prosthetic treatment. *Folia Med (Plovdiv)*. 2006;48(3-4):74-78.
- [26] 王勇, 刘明丽, 霍平, 等. 人工牙解剖形态三维坐标系的建立[J]. 中华口腔医学杂志, 2006, 41(11):684-686.
- [27] 王晓波, 高勃, 姚月玲, 等. 上颌半口义齿金属基托的计算机辅助设计[J]. 实用口腔医学杂志, 2005, 21(1):5-7.
- [28] Kanazawa M, Inokoshi M, Minakuchi S, et al. Trial of a CAD/CAM system for fabricating complete dentures. *Dent Mater J*. 2011;30(1):93-96.
- [29] Ushijima M, Kamashita Y, Nishi Y, et al. Changes in lip forms on three-dimensional images with alteration of lip support and/or occlusal vertical dimension in complete denture wearers. *J Prosthodont Res*. 2013;57(2):113-121.
- [30] Sakar O, Sulun T, Kurt H, et al. Reliability and comparison of two facial measurements to detect changes of occlusal vertical dimension in complete denture wearers. *Gerodontology*. 2011;28(3):205-208.
- [31] Lee S. Three-dimensional photography and its application to facial plastic surgery. *Arch Facial Plast Surg*. 2004;6(6):410-414.
- [32] van Loon B, Maal TJ, Plooi JM, et al. 3D Stereophotogrammetric assessment of pre- and postoperative volumetric changes in the cleft lip and palate nose. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2010;39(6):534-540.
- [33] Riphagen JM, van Neck JW, van Adrichem LN. 3D surface imaging in medicine: a review of working principles and implications for imaging the unsedated child. *J Craniofac Surg*. 2008;19(2):517-524.
- [34] 李岩峰, 郝文君, 韩卫丽, 等. 计算机辅助设计及制作技术在全口义齿设计制作中应用[J]. 山东医药, 2015 55(35):64-6.
- [35] Koralakunte PR, Aljanakh M. The role of virtual articulator in prosthetic and restorative dentistry. *J Clin Diagn Res*. 2014; 8(7):ZE25-28.
- [36] 孙玉春, 吕培军, 王勇. 用于全口义齿计算机辅助设计的虚拟半可调节架[J]. 北京大学学报(医学版), 2008, 40(1):92-6.
- [37] AvaDent Digital Dentures. Global Dental Science LLC. Available at: <http://www.avadent.com>
- [38] Yamamoto S, Kanazawa M, Hirayama D, et al. In vitro evaluation of basal shapes and offset values of artificial teeth for CAD/CAM complete dentures. *Comput Biol Med*. 2016;68: 84-89.
- [39] Yamamoto S, Kanazawa M, Iwaki M, et al. Effects of offset values for artificial teeth positions in CAD/CAM complete denture. *Comput Biol Med*. 2014;52:1-7.
- [40] 吴冰, 吴国锋. 口腔修复CAD/CAM系统中的虚拟颌架[J]. 实用口腔医学杂志, 2016, 32(2):293-297.
- [41] Chen H, Wang H, Lv P, et al. Quantitative Evaluation of Tissue Surface Adaption of CAD-Designed and 3D Printed Wax Pattern of Maxillary Complete Denture. *Biomed Res Int*. 2015;2015:453968.
- [42] 吴江, 赵湘辉, 沈丽娟, 等. 应用激光扫描法测量激光快速成形技术制作全口义齿钛基托的适合性研究[J]. 实用口腔医学杂志, 2011, 27(3):293-297.
- [43] 魏菱, 陈虎, 周永胜, 等. 数字化全口义齿个别托盘制作与临床应用时间评价[J]. 北京大学学报(医学版), 2017, 49(1):86-91.
- [44] Bosch G, Ender A, Mehl A. A 3-dimensional accuracy analysis of chairside CAD/CAM milling processes. *J Prosthet Dent*. 2014;112(6):1425-1431.
- [45] Goodacre CJ, Garbacea A, Naylor WP, et al. CAD/CAM fabricated complete dentures: concepts and clinical methods of obtaining required morphological data. *J Prosthet Dent*. 2012;107(1):34-46.
- [46] Infante L, Yilmaz B, McGlumphy E, et al. Fabricating complete dentures with CAD/CAM technology. *J Prosthet Dent*. 2014; 111(5):351-355.
- [47] Kattadiyil MT, Jekki R, Goodacre CJ, et al. Comparison of treatment outcomes in digital and conventional complete removable dental prosthesis fabrications in a predoctoral setting. *J Prosthet Dent*. 2015;114(6):818-825.
- [48] Saponaro PC, Yilmaz B, Heshmati RH, et al. Clinical performance of CAD-CAM-fabricated complete dentures: A cross-sectional study. *J Prosthet Dent*. 2016;116(3):431-435.
- [49] Bidra AS, Farrell K, Burnham D, et al. Prospective cohort pilot study of 2-visit CAD/CAM monolithic complete dentures and implant-retained overdentures: Clinical and patient-centered outcomes. *J Prosthet Dent*. 2016;115(5):578-586 e1.
- [50] McLaughlin JB, Ramos V Jr. Complete denture fabrication with CAD/CAM record bases. *J Prosthet Dent*. 2015;114(4): 493-497.
- [51] Fernandez MA, Nimmo A, Behar-Horenstein LS. Digital Denture Fabrication in Pre- and Postdoctoral Education: A Survey of U.S. Dental Schools. *J Prosthodont*. 2016;25(1):83-90.