

全口义齿数字化设计系统

韩景芸^{1,2}, 孙玉春³

(1. 北京航空航天大学 生物与医学工程学院, 北京 100191; 2. 北京工业大学 北京市先进制造技术重点实验室, 北京 100124; 3. 北京大学 口腔医学院, 北京 100081)

摘 要: 为了取代全口义齿传统经验型的手工制作方法, 将数字化技术与中性区理论相结合, 研发了全口义齿的数字化设计系统。该系统附带完全类型的人工牙数据库, 采用“人工牙库 = 人工牙三维模型库 + 患者个性生物特征库”的知识结构描述方法, 不仅重建了三维牙模, 而且增了点、轴、坐标系等生理特征几何基准, 建立起人工牙与选牙、排牙决策方案的相关性。排牙时, 系统基于无牙颌模型的曲率特征, 自动创建上前牙、下前牙、上后牙、下后牙的排牙线, 同时制定了区域参数化排牙法则, 实现了人工牙在排牙线上的个性化就位。最后基于特征曲面造型法, 完成基托的设计。本系统以 SCOLL 语言为平台开发, 界面友好, 在任意设计阶段都可穿插人机交互, 实现了个性、自动而又不失人性化的数字化设计流程。

关键词: 全口义齿; 中性区; 数字化; 计算机辅助设计

中图分类号: TP 391; R 783

文献标识码: A

文章编号: 0254-0037(2009)05-0587-05

全口义齿是目前无牙颌患者最主要的修复方式。一个制作合理的全口义齿不仅能重建良好的咬合关系, 恢复咀嚼功能, 而且能以假乱真, 达到与五官的自然协调, 实现使用性与美观性的完美统一。目前, 全口义齿的研究主要集中在 2 个方向: 一为排牙方法和个性美学的研究。提出了多种排牙理论^[1-3], 其中中性区理论不仅考虑了静态时刻的固位力和咬合平衡, 而且更关注咀嚼等动态环境中的肌肉平衡对义齿稳定性的影响, 有学者通过临床试验证明中性区排牙通过颊、唇、舌的协调作用平衡了不稳定的杠杆作用^[4-6], 较其他排牙方法更先进, 但中性区技术的临床操作要求高, 从而限制了推广应用。另一方向为计算机技术的应用。近 20 年来, 国内外的学者对口腔固定修复体 CAD/CAM 进行了深入而广泛的研究^[7-8], 全口义齿作为经验依赖性最强的一种修复类型, 因极强的个体差异性、模型的复杂性以及缺少制作过程的定量分析与描述, 所以针对全口义齿 CAD/CAM 的研究较少, 且未形成完整的具有实用价值的技术路线。

作者将数字化技术与中性区理论相结合, 开发了全口义齿专用 CAD 设计系统, 实现了基于中性区理论的自动排牙和个性基托的自动创建, 强化个性特征, 以高效、精确的数字化设计取代繁重的经验型手工操作。

1 全口义齿数字化制作技术路线

全口义齿 CAD/CAM 技术还停滞在前期建模阶段, 所涉及的基本理论和关键技术的研究非常有限^[9-11], “设计—加工”还未形成可执行性方案, 至今还未加工出一套真正意义上的数字全口义齿。

考虑到全口义齿形状复杂, 且人工牙和基托所用材料的材质、色泽存在显著差异, 直接加工难度较大, 本文以快速成型这种不受形状限制的加工方法作为后期制作环节。同时由于目前还未开发出直接可用的生物加工材料, 因此采用间接法进行义齿的制造。流程如图 1 所示, 即由全口义齿数字模型分别创建上下颌的阴型型盒, 并加工成型, 然后通过插入相应人工牙、填充树脂压制的方法实现制作。

收稿日期: 2007-11-06.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30772446).

作者简介: 韩景芸(1977—), 女, 山东济南人, 讲师。

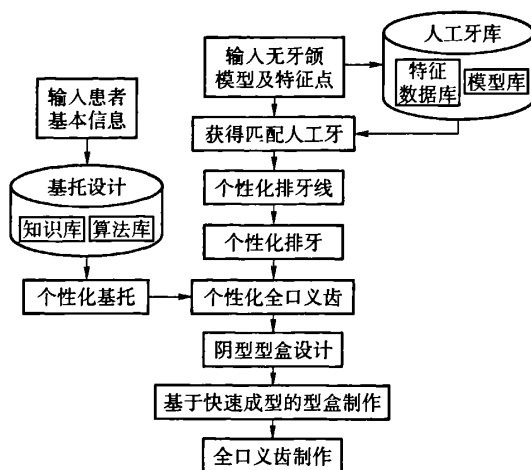


图1 全口义齿制作流程

Fig. 1 Flow chart of complete denture manufacture

2 完全类型的人工牙数据库创建

全口义齿由塑料基托和人工牙组成,不同面型、颌骨尺寸的患者需选配对应的人工牙,因此设计系统首先要创建完全类型的虚拟人工牙数据库,为每颗牙齿建立特征、形态以及定位关系的数字信息,建立人工牙与选牙、排牙决策方案的联系。基于后期选牙和基托设计的相似性和模糊性,作者采用“人工牙库=人工牙三维模型库+患者个性生物特征库”的知识结构描述方法,以实现快速搜索推理,确定最佳人工牙模型。

2.1 重建人工牙三维模型库

人工牙在设计系统中仅进行空间位置变动,与固定义齿标准牙模型^[12]相比不需要局部区域形态编辑。本文基于目前我国流行通用的人工牙,利用逆向工程原理,针对前牙、尖牙、后牙不同的形态特征,以三角面片逼近方法重建高精度的网格模型。

为了便于后期个性化自动排牙,将中性区排牙理论和专家经验演化、归纳成数字化规则,以创建特征几何基准的形式融入到人工牙模型中。以左上中切牙为例(见图2),定位坐标系用以确定人工牙与患者殆平面之间的位置关系;切缘线 MD 可确定人工牙颊舌向和近远中向的位置;发育嵴中点 P 确定切牙的前后倾斜度及丰满度。同时为最大程度地使全口义齿设计效果趋向自然,在人工牙数据模型中还增添了符合解剖特征的边缘龈,其形态尺寸依据人工牙类型、患者的年龄、性别等统计规律进行相应的改进,为后期个性化基托设计奠定基础。

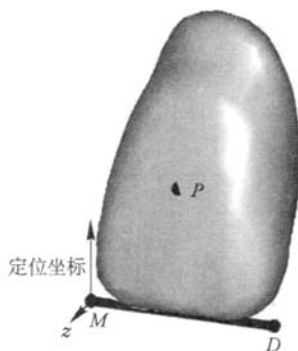


图2 中切牙人工牙数字模型

Fig. 2 Central incisor model

2.2 患者个性生物特征库

患者个性特征的统计归纳是人工牙数据库创建的关键。本系统按照医生递进式选牙习惯,将生物特征分成2种方式进行表达:

1) 由口腔修复理论可知,脸型决定牙形,而无牙颌嵴顶长度则决定牙的大小,因此系统将不同脸型和不同无牙颌嵴顶长度相组合,并与某种人工牙相关联,作为选牙的决定条件。

2) 将患者年龄范围、性别差异作为附加信息,用于确定选定人工牙类型中边缘龈形态的选取。

将上述特征信息以数据库的形式存储,并与相应的三维人工牙模型进行地址匹配,从而可以通过对特征数据库的检索选取对应的人工牙模型,提高系统的运算速度。

3 基于中性区理论的自动排牙

数字化排牙,一方面要将全口义齿排牙理论参数化,另一方面以基于患者个性特征的算法贯彻排牙理论,实现人工牙在无牙颌模型上的正确入位。

3.1 排牙理论数字化

将基于中性区的排牙理论以及临床专家的经验演化、归纳成数字化规则,然后将临床成功病例的无牙颌模型数字化,依照规则在工程应用软件中利用参数化功能菜单进行人机交互式虚拟排牙。同时,将传统手工制作的全口义齿实物模型扫描,重建出数字模型,使之与虚拟排牙结果比较,并将统计差异合理反馈到数字化规则制定环节,修订数字规则,从而形成一个“修订—模拟—反馈—修订”的闭环路线,直到模拟效果满意,即得到确切的数字化规则为止,流程如图3所示。同理可进行选牙和基托设计过程的数字化。

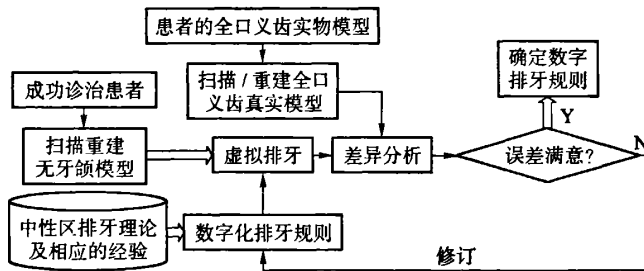


图3 排牙理论数字化流程图

Fig.3 Digitalization tooth arrangement theory

3.2 个性化排牙

排牙前,首先输入具有一定颌关系的上、下无牙颌牙槽嵴及颌堤三维模型,作为排牙的总基准。同时殆平面作为排牙的重要参考依据,在系统中通过捕捉殆堤切缘线与面部中线的交点 O ,创建与颌堤平行的平面来实现,同时定义正中矢状面,建立初始坐标系。

在初始坐标系中,排牙就是将选定的人工牙按照上述数字排牙规则以理想的位置和姿态放置于无牙颌牙模型上。本系统通过创建排牙线汲取患者的个性特征,以表达患者牙列的曲率特征、上下颌牙列间的覆盖覆盖关系及牙列与殆平面的空间关系。然后根据牙齿结构和排列的差异,以上颌前牙、下颌前牙、上颌后牙、下颌后牙顺序实现自动排牙,下面以上前牙为例说明。

1) 创建上前牙排牙线。以曲率变化最大原则提取上颌堤切缘线,将其投影到殆平面上形成排牙线。

2) 人工牙初定位。以左侧中切牙、左侧侧切牙、左侧犬牙、右侧中切牙、右侧侧切牙、右侧犬牙的顺序进行排牙。排牙时每颗牙的近远中向特征点都要落在排牙线上,以确定龈舌向位置及表达患者牙列的曲率特征;后一人工牙的近中点与前一人工牙的远中点重合(中切牙的近中点与初始坐标系原点重合),以确定牙齿间的邻位关系。

3) 丰满度调节。每颗牙以近远中向为轴线,使前牙唇面丰满度标志点与上颌堤唇面重合,以恢复患

者面目特征. 同时相邻牙齿之间进行干涉检测, 实现位置的精确调整.

对于下前牙、上颌后牙、下颌后牙排牙流程与上前牙相似, 都是通过创建排牙线, 调整每颗牙中对应基准特征与排牙线之间的相对位置关系而实现的. 排完后的人工牙如图 4 所示.



图 4 基于中性区理论的排牙

Fig.4 Tooth arrangement theory based on neutral zone

4 个性化基托设计

基托设计因人而异, 本系统以三角网格和 NURBS 曲面相结合的混合造型技术来实现基托功能和美学重建.

为了获得最大固位力, 本系统直接截取无牙颌模型功能区域的三角网格数据作为义齿的组织面. 为了再现上颌腭皱的生理形态, 设计时提取上颌相关区域数据, 法向偏置 2 mm 后拟合曲面, 创建的腭皱区磨光面如图 5 所示. 为达到肌肉平衡和美学标准, 融合前文选定的边缘龈边缘线, 得到适于患者的波峰和波谷生理曲率, 创建基托唇颊侧面和舌侧面的磨光面. 图 6 是本系统最终设计出的全口义齿.

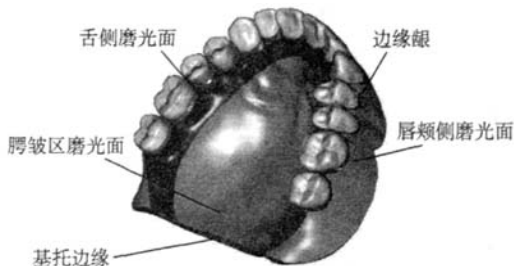


图 5 上颌基托建模

Fig.5 Denture base plate model for maxilla

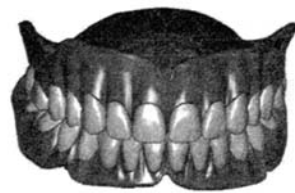


图 6 数字全口义齿

Fig.6 Complete denture model

5 结束语

作者根据全口义齿修复理论和专家经验, 以 Surface 的二次开发为平台, 以患者无牙颌牙槽嵴和个性化牙合堤数据为定位设计参考, 研发了基于中性区理论的个性化全口义齿设计软件系统. 该系统附带人工牙数据库, 由创建特征基准模块、排牙线设计模块、排牙模块、基托设计模块组成, 能自动实现牙型的选择、人工牙的排列、基托的创建. 对医生而言该系统操作简单、界面友好, 还可以在任何设计阶段进行人机交互, 加入个人经验, 从而以高效、精确、自动而又不失人性化的数字化设计流程取代了繁重的经验型手工操作.

参考文献:

- [1] FABER B L. Comparison of an anatomic versus physiologic method of posterior tooth placement for complete dentures[J]. J Prosthet Dent, 1992, 67: 410-414.
- [2] DOUGLAS C W. Clinical practice-delivery of services: review of literature[J]. J Prosthet Dent, 1990, 64: 274-283.
- [3] CELEBIC A, VALENTIC-PERUZOVIC M. A study of the occlusal plane orientation by intra-oral method (retromolar pad) [J]. J Oral Reh, 1995, 22: 233-236.
- [4] STEPHEN G, RICHARD J. Using the neutral zone to obtain maxillomandibular relationship records for complete denture patients[J]. J Prosthet Dent, 2001, 85(6): 621-623.
- [5] LYNCH C D, ALLEN P F. Overcoming the unstable mandibular complete denture: the neutral zone impression technique[J]. Dent

- Update, 2006, 33(1): 21.
- [6] 王海鹰, 王秀芳, 谢玮, 等. 中立区与齿槽嵴顶关系的深入研究[J]. 实用口腔医学杂志, 1997, 13(3): 163-165.
WANG Hai-ying, WANG Xiu-fang, XIE Wei, et al. The relation of the neutral zone position to the alveolar ridge crest[J]. Journal of Practical Stomatology, 1997, 13(3): 163-165. (in Chinese)
- [7] TINSCHERT J, NATT G, HASSENPFUG S, et al. Status of current CAD/CAM technology in dental medicine[J]. International Journal of Computerized Dentistry, 2004, 7: 25-45.
- [8] SCHNEIDER W. Cerec 3D: a new dimension in treatment[J]. Int J Comput Dent, 2003, 6(1): 57-66.
- [9] MAEDA Y, MINOURA M, TSUTSUMI S, et al. A CAD/CAM system for removable denture. Part I: fabrication of complete dentures[J]. Int J Prosthodont, 1994, 7(1): 17-21.
- [10] KAWAHATA N, ONO H, NISHI Y, et al. Trial of duplication procedure for complete dentures by CAD/CAM[J]. J Oral Reh, 1997, 24(7): 540-548.
- [11] 程祥荣, 华先明, 华中平, 等. 计算机辅助全口义齿人工牙排列的研究[J]. 中华口腔医学杂志, 2000, 35(2): 147-149.
CHENG Xiang-rong, HUA Xian-ming, HUA Zhong-ping, et al. The study of a computer aided artificial teeth arrangement of complete denture[J]. Chinese Journal of Stomatology, 2000, 35(2): 147-149. (in Chinese)
- [12] 韩景芸, 李彦生, 费仁元, 等. 基于逆向工程的标准牙冠模型的建立[J]. 北京工业大学学报, 2003, 29(2): 141-143.
HAN Jing-yun, LI Yan-sheng, FEI Ren-yuan, et al. Building of ideal dental crowns model based on reverse engineering [J]. Journal of Beijing Polytechnic University, 2003, 29(2): 141-143. (in Chinese)

A Digital System for Complete Denture

HAN Jing-yun^{1,2}, SUN Yu-chun³

(1. School of Biological Science and Medical Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China;

2. Beijing Key Laboratory of Advanced Manufacturing Technology, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China; 3. School and Hospital of Stomatology, Peking University, Beijing 100081, China)

Abstract: The complete denture produced by traditional method is heavily relied on the skill and experience of the technician, with low quality and low effectiveness. A digital design system for complete denture that integrated technology and prosthodontical in neutral zone is described in this paper. The complete database is developed, including 3D artificial teeth models and geometrical features. Through extracting features on models of edentulous jaws, the system can automatically construct four teeth arrangement curves and create the orientation coordinate systems for every artificial tooth. Then the system can calculate the displacement matrix and realize teeth arrangement in teeth arrangement curves, after matching geometrical features of artificial teeth with orientation coordinate systems. The mixed modeling technology that blends triangle mesh and NURBS is implemented in base plate. The digital system is obtained based SCOLL with user-friendly human-computer interface and may become a new avenue for complete denture design.

Key words: complete denture; neutral zone; digitalization; computer aided design

(责任编辑 梁洁)