译文

应用自主开发的专用软件设计可摘局部义齿支架的初步报道

A preliminary report of designing removable partial denture frameworks using a specifically developed software package

韩静 (Jing Han)，王勇 (Yong Wang)，吕培军 (Peijun Lv)

原载 Int J Prothodont，2010，23(4)：370–375.（英文）

摘 要

本文报道了应用一种新开发的可摘局部义齿支架专用三维计算机辅助设计（computer aided design，CAD）软件进行数字化模型观测及可摘局部义齿支架设计的方法。首先获取牙列缺损石膏模型的三维数字化模型，然后确定数字化就位道，进行可摘局部义齿支架各个组件的数字化设计。将设计完成的支架数据存为三角面片即STL（stereolithography）格式文件。STL格式为将CAD数据进行快速成形加工的常用数据格式。最后，应用选择性激光熔融制造技术制作出金属支架。

专家点评

吕培军教授点评：计算机辅助设计及计算机辅助制作（computer aided design and computer aided manufacturing，CAD/CAM）系统的应用使计算机技术的优势在口腔固定修复方面得到充分体现：修复体制作周期短、精度高、质量稳定性好。据文献检索，目前计算机技术在可摘局部义齿方面的研究非常少，这主要是由两方面原因造成的。一是目前还没有可摘局部义齿专用设计软件，而通用CAD软件对设计包含众多形态复杂且不规则组件的可摘局部义齿支架的难度非常大，而且效率低，推广困难。二是支架加工困难。目前商业化的口腔CAD/CAM系统所采用的一般是磨、切、削、铣的加工方法，用这种方法加工形态复杂的、壁比较薄的卡环、舌杆等可摘局部义齿支架组件是非常困难的，一是没有合适的夹持固定点；二是加工时的压力容易使支架变形。随着先进制造技术的不断发展，一种称为选择性激光熔融制造（selective laser melting，SLM）的技术显示出在可摘局部义齿金属支架成形方面的潜力。目前，对于采用计算机辅助设计并用激光快速成形技术制作可摘局部义齿支架在国内外还未见报道，相关研究仍处在探索之中，缺乏相应的理论研究和试验数据。

本文以国产CAD软件"唐龙系统"为平台，进行了可摘局部义齿支架专用设计模块的开发，同时尝试用SLM的方法制作了金属支架。所介绍的技术避免了传统方法中许多复杂费时的程序，使可摘局部义齿支架的设计更加简便快速，因此，可能开辟新的临床应用。

作者简介

韩静，女，医学博士，2010年毕业于北京大学口腔医学院，口腔修复学专业。现在天津市口腔医院工作。作者在国内外杂志上发表论文多篇，本文是作者在卫生部口腔医学计算机应用工程技术研究中心学习工作期间，在导师吕培军教授和王勇教授的指导下完成的，于2010年7月发表在Int J Prosthodont杂志上。

卫生部口腔医学计算机应用工程技术研究中心简介

卫生部口腔医学计算机应用工程技术研究中心成立于1997年，以北京大学口腔医学院为依托，以临床需求为出发点，应用以现代计算机技术为核心的工程技术，研究开发我国自主知识产权的数字化口腔医学技术。中心拥有一批口腔医学专业人员和工程技术专业工程师，并对国内外相关机构开放合作。

由于可摘局部义齿支架的组件多，形态不规则，采用通用三维设计软件对其进行计算机辅助设计非常费时而且复杂。如果没有合适的专用设计软件，用CAD的方法设计可摘局部义齿支架几乎是不可行的。但是，目前还没有专用于可摘局部义齿设计的软件。Williams等及Eggbeer等报道用CAD/CAM的方法设计和制作可摘局部义齿支架。但是，他们所用的方法需要特殊的装置（一种力反馈手柄），费用高。

本文介绍自主开发的可摘局部义齿支架三维设计软件"唐龙"系统的设计原则，该软件使可摘局部义齿支架的设计更加方便快捷，并使应用CAD/CAM方法制作可摘局部义齿成为可能。

1 材料和方法

1.1 数据采集及处理

应用三维层析扫描仪（CXM-I，北京时代天使）扫描2例牙列缺损石膏模型（1例上颌模型及1例下颌模型）。该扫描仪已在口腔正畸领域应用多年。厂商的标称公差为0.05mm，满足设计牙列缺损模型的扫描要求。扫描后的数据为三维点云数据（图1），即模型表面三维坐标点的集合，然后将数据调入"唐龙"CAD系统。

1.2 确定就位道

设计之前需要先确定可摘局部义齿的数字化就位道，以使CAD设计满足可摘局部义齿的设计原则。首先，通过交互方式提取牙列点云数据。然后，在点云中心生成一条与殆平面垂直的直线，代表初始就位道的方向。通过计算机程序计算出这条直线与牙列点云数据中的数据点的距离，在不同的角度求出离该直线最近的舌侧点和最远的颊侧点，将各个不同角度的舌侧点及颊侧点分别相连，即得到舌侧及颊侧的观测线（图2）。上述过程即刻自动完成。根据观测线，设计者判断初始就位道是否理想，如果不理想则调整直线的方向，直到生成理想的观测线。调整后直线的方向就是最终就位道。通过这种方法，可以方便地建立及调整可摘局部义齿数字化就位道。就位道建立后，调整Z轴方向与就位道一致，以简化计算机的计算步骤。

临床应用时，医师需要在诊断模型上确定设计方案，然后在患者口中进行牙体预备，再次取印模，获取终模型。扫描终模型后，便可开始上述设计过程。如果扫描诊断模型，也可应用上述程序帮助确定需要磨改的部位。

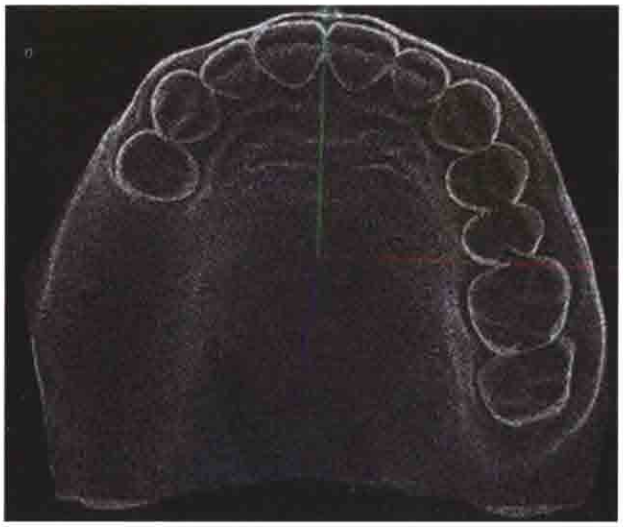

图1 一个上颌牙列缺损模型的点云（显示表面轮廓的三维点集）

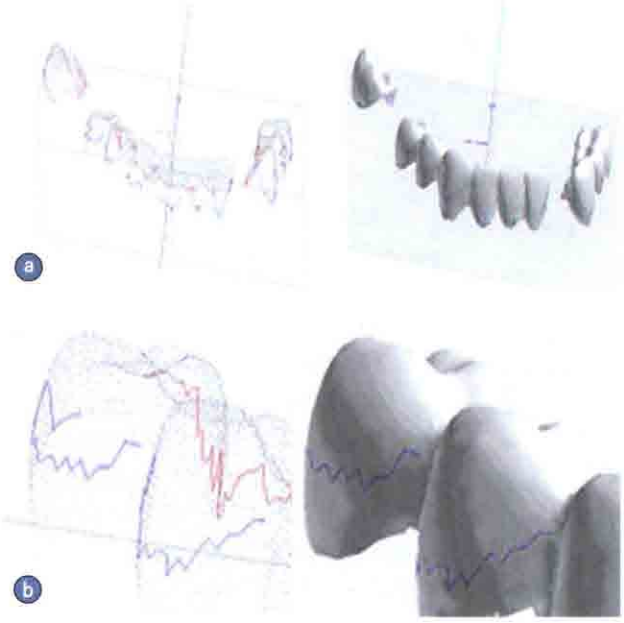

图2 a.程序确定的全牙列观测线。牙列中心为用于生成观测线的直线。蓝色＝颊侧观测线；红色＝舌侧观测线；b.图a的放大情况。观测线位于（右）渲染模型及（左）点云模型上

1.3 支架设计

整个支架是在点云数据上设计的，以适合人体解剖形态。一般来讲，设计过程包括三个部分:确定可摘局部义齿支架组件的轮廓，建立组织面和建立抛光面。

殆支托、卡环和舌杆的轮廓是预先设定的。设计者须选定组件的位置，并调整组件的形状及尺寸，自动生成组织面及抛光面。

图3和图4分别是殆支托和卡环的设计过程。对于卡环的设计，倒凹区一定深度（默认为0.5mm）的点会被自动标识出来以利于卡臂尖位置的选择。使用软件提供的程序对殆支托的组织面进行的精度分析显示，点云数据中距离组织面最远的点为0.11mm，平均为0.03478mm。这显示了组织面与点云数据的精确匹配。对于其他的组件，设计者需要参考患者的点云数据构建组件轮廓，因为这些组件因人而异的程度较大。将轮廓内的点云数据作为限制条件生成组织面。将轮廓线及默认的抛光面截面作为限制条件生成抛光面。图5为小连接体抛光面的设计过程。抛光面截面形态可用程序提供的工具进行修改。对于网状结构，缓冲的生成方法是将组织面提升一定的距离（默认值为0.5mm）。网状结构中小孔的直径及小孔间最小距离为预先设定，程序自动计算小孔的位置。组织终止点的位置需交互选择（图6）。

在上述过程中，为避免设计的组件进入倒凹，在点云中心建立与Z轴平行的中心线，计算中心线与周围点云数据点的距离，采用的方法与确定就位道中描述的类似。如果在同一角度区域中，下方的点离中心线的距离较上方的点离中心线的距离远，则将下方的点的X、Y坐标赋予上方的点，这样设计的组件就可以避免进入倒凹区了。

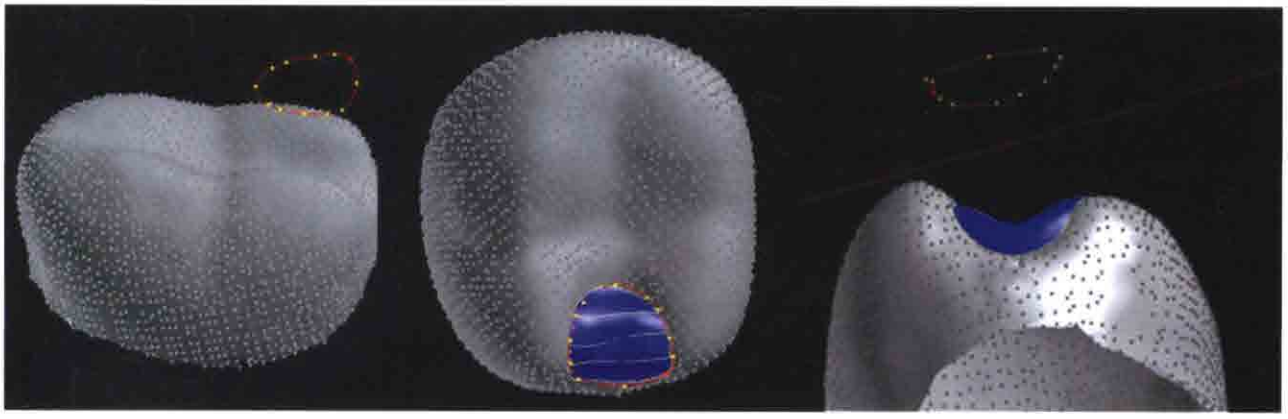

图3 殆支托设计过程。(左）预先设定的红色线框置于殆支托窝上方。(中)殆面观。红色线框的轮廓投影到基牙的点云上。线框的形状可以通过移动红色线框上黄色的数据点调整。组织面和抛光面自动生成。(右)殆支托窝的邻面观。抛光面的曲率与周围牙面的曲率连续

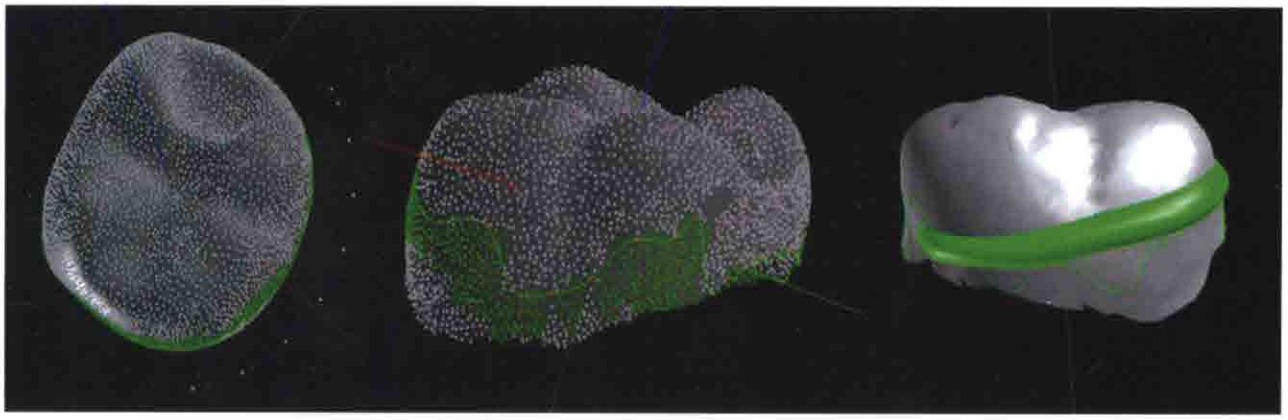

图4 卡环构建过程。(左）基牙周围的控制点。通过调整控制点可以修改卡环的位置和形状。(中）绿色区域为一定深度（此处为0.5mm）倒凹范围内的点云。(右）生成的数字卡环模型

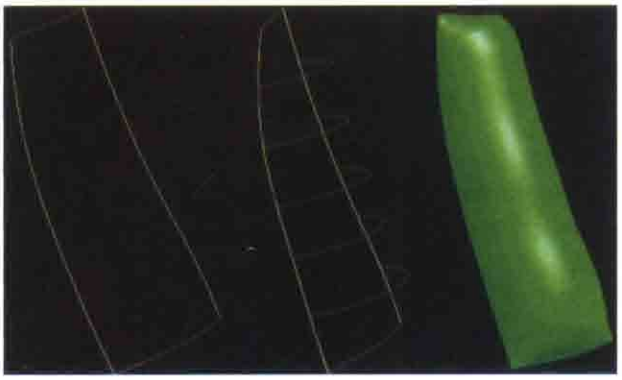

图5 小连接体抛光面的构建。(左)小连接体的轮廓。(中)默认的截面形状。(右)将轮廓及截面作为限制条件生成的抛光面

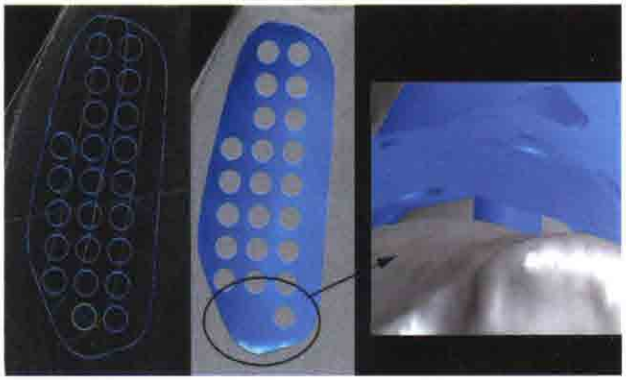

图6 网状结构的数字模型及组织终止点

2 结果

应用新开发的设计模块为2例扫描的牙列缺损模型简便地设计出可摘局部义齿支架（图7）。每个支架的设计过程约为30min，将设计完成的数据储存为可以导入快速成形系统的常用的STL格式文件。

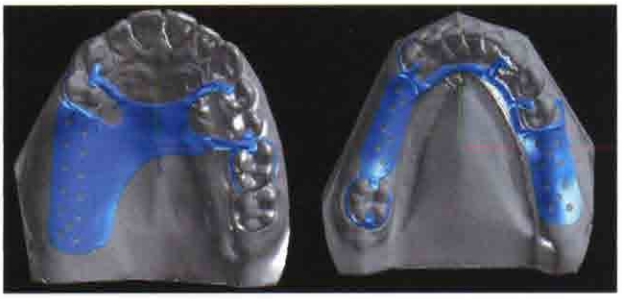

图7 两个构建完成的可摘局部义齿支架的平面截图

3 讨论

基于"唐龙"系统新开发的设计模块是专用于可摘局部义齿支架设计的。软件采用人性化界面设置，使用方便。设计过程中，模型观测只需数分钟。扫描获取的数据可以通过数据传送进行支架设计。

软件不足之处是，软件无法自动识别点云数据上支托窝的边缘，因为程序无法分辨点与点之间的区别。然而，支托窝的边缘可以很容易地通过视觉分辨出来，因为扫描的模型可以在屏幕上任意旋转，从任何角度观察，就像实物模型一样。

选择性激光熔融制造技术是基于CAD/CAM设计的。由于这种技术能够快速制造高精度的各种形状的金属及其他材料的零件而受到很多学者的关注。为将虚拟设计的可摘局部义齿支架制作出来，作者探索开发了一台适合制作可摘局部义齿支架的选择性激光熔融制造机。将完成的CAD/CAM数据导入选择性激光熔融制造机。应用Geomagic软件（Raindrop）为可摘局部义齿支架添加支撑结构以帮助加工时的热传导，并避免了制作过程中加工件移动。应用这种技术成功加工出金属支架。采用临床常用的方法，即肉眼观察和给支架施加压力判断，支架在模型上试戴适合性良好（图8,图9）。为更客观地判断支架的精度，作者目前正在研究使用将扫描加工完成后的支架与原始设计的支架在计算机中进行配准的方法。加工一副支架的时间不到1h。然而，加工参数的优化还没有最终完成，还在研究之中。

4 结论

本文分析了一种制作可摘局部义齿支架的方法。在实际应用中，操作比本文所描述的要简单得多，软件可以弥补设计出的支架中存在的漏洞。但是，每一个组件都需要使用程序提供的工具进行修改以满足设计要求并获得满意的形态。本文所介绍的技术避免了传统方法中许多复杂费时的程序，使可摘局部义齿支架的设计更加简便快速，因此，可能开辟新的临床应用。但是，验证本文所介绍软件的效果有待进一步研究。

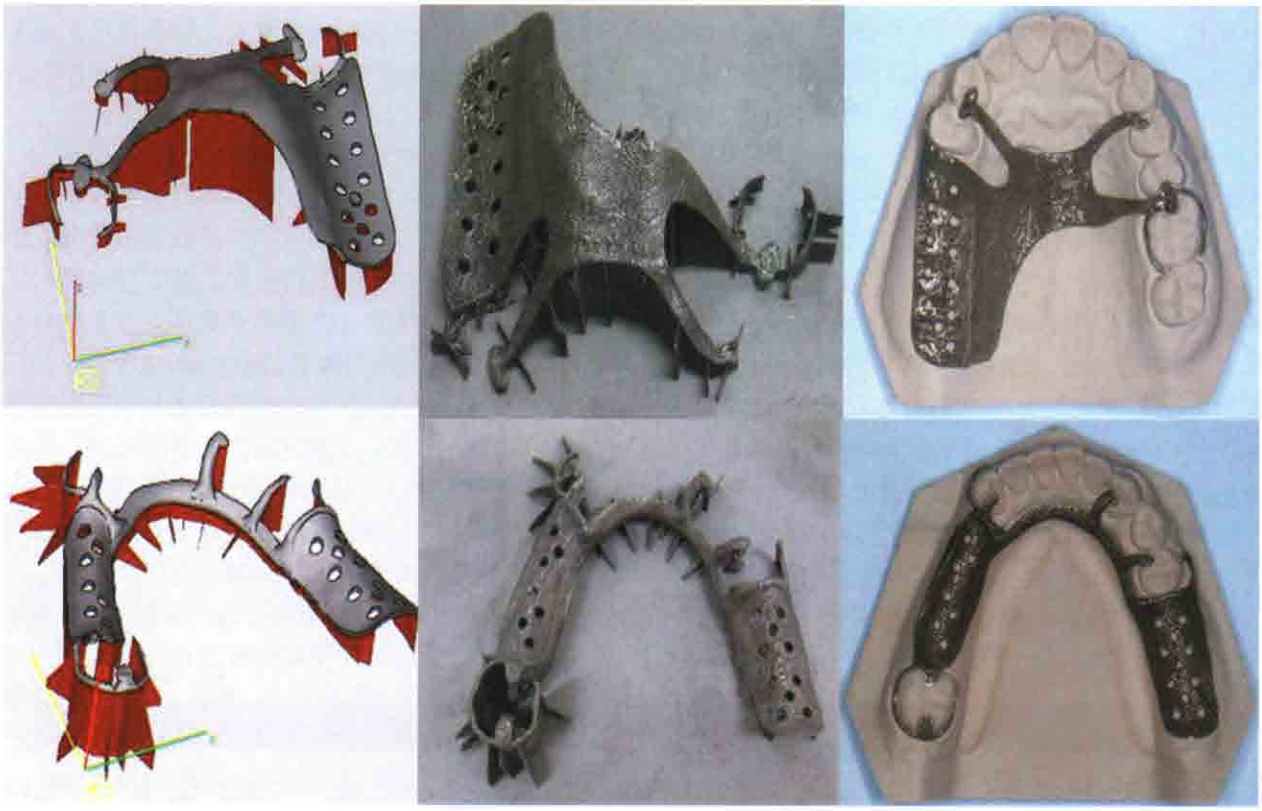

图 8 （左）准备制作的虚拟可摘局部义齿支架及支撑结构。（中）激光熔融制造机制作出的金属支架。（右）在模型上试戴的金属支架

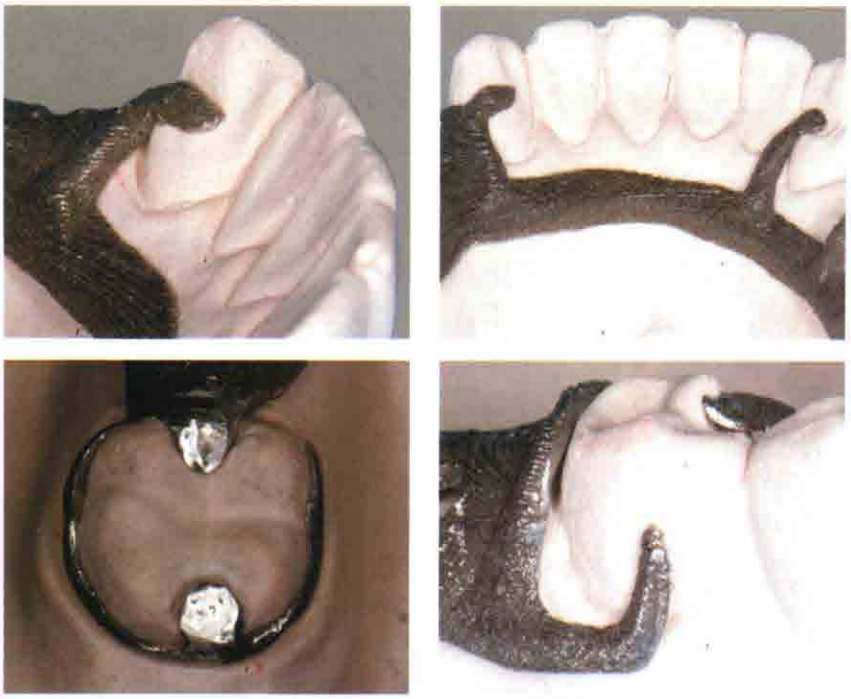

图9 支架在原始下颌模型试戴的近照

5 志谢

本研究由中国国家 863 计划支持，课题号：2006AA03Z446。作者感谢王亚平教授及王泽敏教授为本研究提供的大力支持。