

文章编号: 0258-7025(2008)10-1644-05

选区激光烧结成型技术在鼻腭复体制作中的应用

周冰 赵钰民 吴国锋 高勃 毕云鹏

(第四军医大学口腔医院修复科, 陕西 西安 710032)

摘要 探索了选区激光烧结(SLS)技术制作鼻腭复体蜡模型的可行性。通过结构光扫描、计算机辅助设计(CAD)制作患者的鼻腭复体数字化模型;应用特定工艺参数进行选区激光烧结,制作出鼻腭复体蜡型。经测量评价加工精度及临床试戴,蜡型具有良好的外形和精度,达到了临床应用的制作要求。将蜡型翻制成最终的硅橡胶腭复体,获得了满意的临床效果。该技术与临床常规方法相比,节约了时间和材料,简化了工艺步骤,实现了数字化、无模化制作,为颌面腭复体自动化加工制作开辟了一种新的方法。

关键词 激光技术;仿真修复;选区激光烧结;腭复体

中图分类号 TN 249;R 783.9 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/CJL20083510.1644

Application of Selective Laser Sintering in Fabricating Nasal Prostheses

Zhou Bing Zhao Yimin Wu Guofeng Gao Bo Bi Yunpeng

(Department of Prosthodontics, School of Stomatology,

The Fourth Military Medical University, Xi'an, Shaanxi 710032, China)

Abstract To explore the feasibility of fabricating nasal prosthesis with selective laser sintering method, a digital model of nasal prostheses for patients was produced through the integration of structural light scanning and CAD technique. A wax model of nasal prostheses was fabricated with selected sintering method under special manufacturing parameters. The result of accuracy evaluation and clinical try-in showed a satisfying shape of wax model and a comparatively high precision. Then the wax pattern was processed into the definitive nasal prosthesis and a clinically satisfying effect was achieved. Comparing with conventional manual methods, the new fabricating method shortens time and simplifies manufacturing steps. This digital and model-free manufacture provides a new method for the automatic manufacture of maxillofacial prostheses, and has potential for the clinical application in the future.

Key words laser technique; emulational restoration; selective laser sintering; prostheses

1 引言

快速成型技术(Rapid prototyping, RP)的基本原理^[1]是计算机辅助设计(CAD)制作零件三维模型,进行网格化处理并存储,对其进行分层处理,得到各层截面的二维轮廓信息。按照这些轮廓信息自动生成加工路径,由成型头在控制系统的控制下,选择性地固化或切割一层层的成型材料,形成各个截面轮廓薄片,并逐步顺序叠加成三维坯件,然后进行坯件的后处理,形成零件。主要的成型方法有立体

光刻(SLA)、选区激光烧结(SLS)、分层实体制造(LOM)、激光快速成形(LRF)等。在口腔医学领域中,国内外部分学者采用上述方法制作了牙颌模型^[2]、全口义齿钛基托^[3]、纯钛基底冠^[4]和颅骨模型^[5]等。所加工出的原型具有良好的外形精度,在临床上得到了一定的应用。

临床上颌面腭复体材料多为硅橡胶类材料^[6]。在制作过程中,需要先制作腭复体蜡模型,试戴后再用蒸气、加热脱蜡,翻制成最终的硅橡胶腭复体。蜡

收稿日期:2007-10-31;收到修改稿日期:2008-04-10

基金项目:国家自然科学基金重点项目(30630066)资助课题。

作者简介:周冰(1977—),男,宁夏人,医师,博士研究生,主要从事先进制造技术在口腔颌面腭复体制作中的应用。

E-mail: zhoudentist@gmail.com

导师简介:赵钰民(1956—),男,陕西人,教授,主任医师,博士生导师,主要从事口腔修复学研究,磁附着技术、种植修复技术、颌骨缺损功能重建、颜面部缺损仿真修复等研究。E-mail: zhaoym@fmmu.edu.cn (通信作者)

粉是选区激光烧结成型中使用的材料之一。采用选区激光烧结可以直接形成蜡模型,成型蜡模的强度和精度高,制得的蜡模能方便、快速地脱除。颌面膺复体形态往往是复杂不规则的,选区激光烧结自由成型、高精度的特点能够满足膺复体制作的需要。本研究探讨了应用选区性激光烧结制作外鼻缺损患者的鼻膺复体蜡模型的可行性,为该技术进一步应用于颌面膺复体的制作提供了可能。

2 实验方法

实验采用的设备有 3DSS-STD-II 型结构光三维扫描仪,3DSScolor 数据处理软件(上海数造机电科技有限公司);AFS-360 激光成型机(美国相干公司 Diamond GEM 3QL CO₂ 射频激光器)、Magics9.9 软件,Arps2000 V4 优化软件,WAX100 型蜡粉(北京隆源自动成型系统有限公司);Geomagic Studio 9.0 逆向工程软件(美国 Raindrop Geomagic 公司);游标卡尺(浙江省温岭市奥利达工量具厂)。

2.1 外鼻缺损患者面部三维数字化模型的获取

一名外鼻大部分缺损患者,男性,48 岁,数月前因左鼻翼角化棘皮瘤行外鼻大部分切除术,术后愈合良好。患者端坐,眶耳平面与地面平行,面部表情平静,3DSS 结构光三维扫描仪(精度 0.03 mm)从不同方向进行扫描,共获取面部两个不同侧面三维点云数据,导入 Geomagic Studio 9.0 中进行数据处理得到患者面部三维数字化模型,如图 1 所示。



图 1 患者面部三维数字化模型

Fig. 1 Three-dimensional (3D) digital model of patient's face

2.2 鼻膺复体的计算机辅助设计

对患者面部相关解剖标志进行测量,根据数据在已有正常人群面部三维数据库(采用上述方法获取)中选取与之相近的外鼻三维数字化模型,在

Geomagic Studio 9.0 软件中进行拼接,患者观看满意后,经拟合运算后最终形成鼻膺复体数字化模型。如图 2 所示。

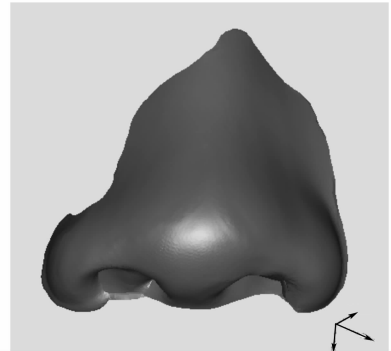


图 2 鼻膺复体数字化模型

Fig. 2 3D digital model of nasal prostheses

2.3 工艺参数的选取

AFS-360 激光成型机成型采用的是选区激光烧结原理。激光束对粉末材料的选区烧结,激光束的精密控制是成型的关键。光路的主要组成部件有激光器、反射镜、扩束聚焦系统、扫描器、窗口、光束合成器及指示光源。激光器是全金属射频激励型结构,最大输出功率为 50 W,其特点是结构紧凑、输出稳定、可靠性高。通过调节输出功率的百分比对扫描功率进行调节,易于控制,针对不同材料采用不同的输出功率。反射镜的作用是将激光导入聚焦系统,使光束经过扫描后恰好位于扫描器反射镜的中央。扩束聚焦系统让光斑先扩束,再聚焦,使光斑更细。扫描器是将固定的激光束转为动态扫描线的装置,由两面振镜沿其转轴转动使入射激光发生组合偏转,扫描器由两个互相垂直的反射镜组成,扫描角度通过微机接口进行数控。这样可使光点精密定位在视场内任一位置,扫描振镜的全扫描角为 40°,视场的线性范围要由扫描半径确定,光点的定位精度可达全视场的 1/65534。SLS 加工工艺参数随加工材料不同及加工零件大小而变化,本实验采用 WAX100 型蜡粉进行加工,经多次实验后确定加工工艺参数如表 1 所示。

表 1 SLS 加工工艺参数

Table 1 Processing parameters of SLS

Laser power /W	2.5~5
Scanning speed /(m/s)	3.13~3.28
Spot diameter /mm	0.30
Layer thickness /mm	0.10
Scanning radius /in	17.08

2.4 鼻膺复体蜡模型的制作

将鼻膺复体数字化模型导入 Magics9.9 软件中,制作支撑,切片,经 Arps2000 V4 软件转化后,导入 AFS-360 激光成型机中,调整系统的各项参数为最佳加工参数,启动系统,完成蜡模型的加工,气枪吹去多余粘粉,所获得的鼻膺复体蜡模型如图 3 所示。

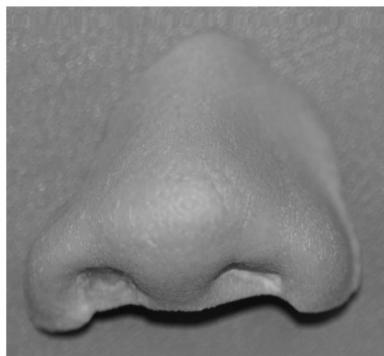


图 3 鼻膺复体蜡模型

Fig. 3 Wax model of nasal prostheses

2.5 评估鼻膺复体蜡模型的加工精度

在鼻膺复体数字化模型及蜡模型上分别选取测量指标:鼻宽(L_1),即两侧鼻翼最凸点之间的直线距离;鼻基底宽(L_2),即两侧鼻底部鼻翼与上唇皮肤交界外侧点之间的距离,如图 4 所示。数字化模型采用计算机软件测量,蜡模型采用游标卡尺测量,分别测量十次,计算平均值及标准差,进行比较分析。



图 4 测量标志连线

Fig. 4 Lines for measuring

鼻膺复体蜡模型的试戴:嘱患者端坐,表情平静,擦净缺损区局部皮肤,按设计位置将蜡模型无压力放至缺损区,查看蜡模型形态与面部其他器官是否协调,边缘与局部组织是否密合。

3 结 果

对成形后的鼻膺复体蜡模型进行测量,结果如表 2 所示。

表 2 鼻膺复体蜡模型与数字模型的几何尺寸测量数据

Table 2 Data of nasal prostheses CAD model and wax model

	CAD model /mm	Wax model /mm
L_1	44.46 ± 0.23	44.56 ± 0.27
L_2	40.56 ± 0.34	40.88 ± 0.31

测量结果经统计学分析 $p > 0.05$,无统计学差别。从数值上分析,排除测量时人为造成的误差,蜡模型略大于数字模型,这是由于在进行激光烧结加工时,为了补偿蜡粉熔融时所造成的体积收缩,分别设置了刀具补偿,并在制作切片文件时进行 z 轴放大。在试戴时,鼻膺复体蜡模型就位顺利,形态良好,边缘无翘起,与患者皮肤紧密贴合,患者无不适感觉,满足临床制作的要求,如图 5 所示。在进行雕刻皮纹等修改后,翻制硅橡胶膺复体,根据患者周围皮肤进行内外着色处理,最终完成鼻膺复体,如图 6 所示。



图 5 患者试戴

Fig. 5 Trying wax model of nasal prostheses

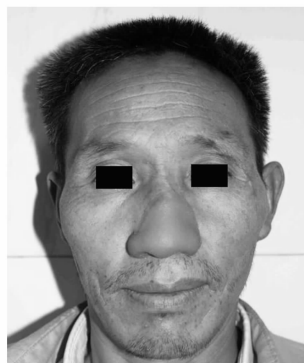


图 6 鼻膺复体完成

Fig. 6 Completed nasal prostheses

4 讨 论

膺复体的外观匹配与装戴的舒适程度是膺复体设计与制造的主要决定因素。装戴的舒适程度取决

于腭复体的底面与缺损区组织面的吻合程度以及与组织面衔接过渡是否自然。外观匹配决定于腭复体几何外形精度与位置精度, 长期以来, 主要依靠临床医生手工制作来达到要求。近年来, 计算机辅助设计及计算机辅助加工(CAM)技术的发展提供了新的方法。

采用的 3DSS-STD-II 型结构光三维扫描仪基本的原理是相位轮廓测量术(PMP), 具有可以实现全场同时测量、精度高、测量速度快等优点^[7,8], 为鼻腭复体的计算机辅助设计提供了准确的数据。SLS 是目前快速成型技术研究的热点之一, 其加工过程是, 由敷料辊将粉末状的材料均匀敷在已成形零件的上表面, 由高强度的 CO₂ 激光器在刚铺的新层上扫描出零件截面, 粉末材料在高强度的激光照射下被烧结在一起, 并与已成形的部分粘接; 当一层截面烧结结束后, 工作台即下降一个层的厚度的距离, 此时敷料辊又在已成形的上表面敷上一层均匀密实的粉末, 再铺上一层新的材料粉末, 烧结新一层截面, 直至完成整个造型^[9]。SLS 成型过程与零件的复杂程度无关, 是真正的自由成型, 与其他快速成型方法不同, 不需要先搭支架, 为烧结的松散的粉末做了自然的支架。SLS 可以成型几乎任意几何形态的零件, 对含悬臂结构、中空结构和槽中套槽结构的零件制造特别有效^[10]。腭复体的形态复杂、不规则, 但精度要求很高, 可以满足临床制作的需要。SLS 工艺所采用的烧结材料适应面很广, 本研究所采用的是厂家提供的 WAX-100 复合蜡粉, 该粉软化点为 80 °C (环球法), 在激光扫描中基本熔融, 凝固形成实体蜡件, 不同于聚苯乙烯(PS)粉、尼龙粉等软化粘接成的多孔状工件。与国内外一些学者^[11,12]的腭复体 CAD/CAM 制作方法相比, 不需要再翻制腭复体蜡模型, 简化了操作步骤, 便于在试戴过程中进行适当修改, 并可直接用蒸气加热脱蜡法翻制成最终的硅橡胶修复体。

在制作腭复体的过程中, 常需要在边缘制作适当宽度的排边, 可以增大腭复体的粘接面积及与皮肤组织具有良好的移行, 这部分的加工也是精度要求最高的。计算机辅助设计模型分层切片的软件, 理论上可以是任意厚度, 而且厚度越薄加工精度也越高。但当切片厚度小于熔覆层厚度时, 粉末熔融逐层叠加就增大了加工误差, 根据厂家提供的技术参数, 选择最佳的切片厚度为 0.1 mm。在进行 SLS 加工时, 由于边缘部分很薄, 往往是最易发生变形的地方, 因此, 在本研究中切片之前的数字化模型底部

另外再加一片状支撑结构(support), 小功率加工, 加工完后支撑易于与加工零件分离。采用这种方法有效避免了边缘的变形, 提高了加工的成型效率。

5 结 论

应用选区性激光烧结技术制作了鼻腭复体蜡模型。测量结果表明, 鼻腭复体蜡模型具有良好的精度, 试戴后就位顺利, 形态良好, 边缘无翘起, 与患者皮肤紧密贴合。所用蜡材料软化点低, 可直接翻制成最终的硅橡胶腭复体, 患者佩戴后获得满意的临床效果。研究表明, 选区性激光烧结技术可以用于制备复杂形态的鼻腭复体蜡模型, 该方法与传统制作方法相比, 节约了时间和材料, 简化了工艺步骤, 实现了数字化、无模化制作, 为该技术在颌面腭复体制作中的应用提供了依据。

参 考 文 献

- Liu Weijun. Rapid Prototyping and Application [M]. Beijing: China Machine Press, 2006. 2
刘伟军. 快速成型技术及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006. 2
- Gao Bo, Tan Yongsheng, Li Yanmin *et al.*. Fabrication of dental prosthesis with laser engineered net shaping method solid dentognathic models built with the 3-D data obtained by laminated object manufacturing [J]. *J. Pract. Stomatol.*, 2000, **16**(5):341~343
高 勃, 谭永生, 李延民 等. 应用激光近形制造方法制作口腔修复体的基础研究——用 LOM 法由层析测量数据制作实体牙颌模型[J]. *实用口腔医学杂志*, 2000, **16**(5):341~343
- Wu Jiang, Gao Bo, Tan Hua *et al.*. Titanium base of complete denture fabricated with laser rapid forming [J]. *Chinese J. Lasers*, 2006, **33**(8):1139~1142
吴 江, 高 勃, 谭 华 等. 激光快速成型技术制造全口义齿钛基托[J]. *中国激光*, 2006, **33**(8):1139~1142
- Han Yanfeng, Gao Bo, Hu Jiang *et al.*. Titanium coping fabricated with laser rapid forming [J]. *Chinese J. Lasers*, 2007, **34**(6):876~880
韩彦峰, 高 勃, 胡 江 等. 激光快速成型技术制作纯钛基底冠[J]. *中国激光* 2007, **34**(6):876~880
- Li Hui, Nan Xinrong, Linghu Qingxi *et al.*. Human cranial bone replica manufactured with selective laser sintering technique [J]. *Beijing Journal of Stomatology*, 2006, **14**(4):269~271
李 慧, 南欣荣, 令狐清溪 等. 应用选区激光烧结技术制作头颅骨快速模型[J]. *北京口腔医学*, 2006, **14**(4):269~271
- J. Beumer, T. A. Curtis, M. T. Marunick. Maxillofacial Rehabilitation: Prosthodontic and Surgical Considerations[M]. St Louis: Medico Dental Media International, 1996. 391~399
- Li Yong, Su Xianyu, Wu Qingyang. Calibration and data merging of two-camera phase measuring profilometry system [J]. *Acta Optica Sinica*, 2006, **26**(4):551~556
李 勇, 苏显渝, 吴庆阳. 双摄像机相位测量轮廓术系统标定与数据融合[J]. *光学学报*, 2006, **26**(4):551~556
- Li Yong, Su Xianyu. New method for system calibration in phase measurement profilometry with large view field [J]. *Acta Optica Sinica*, 2006, **26**(8):1162~1166

- 李 勇, 苏显渝. 一种大视场相位测量轮廓术系统标定方法 [J]. *光学学报*, 2006, **26**(8):1162~1166
- 9 Cui Bo, Liu Qingshe, Cui Shiqiang. The development and application of rapid prototyping and manufacturing technology [J]. *Hebei Journal of Industrial Science & Technology*, 2000, **17**(1):41~45
崔 波, 刘青社, 崔世强. 快速成形制造技术的发展与应用[J]. *河北工业科技*, 2000, **17**(1):41~45
- 10 Zhang Botao, Hao Binhai, Lu Xiao *et al.*. Characteristic and application of SLS in mould manufacture [J]. *Forging & Stamping Technology*, 2005, **30**(3):7~9
张渤涛, 郝滨海, 卢 霄 等. 选择性激光烧结技术的特点及在模具制造中的应用[J]. *锻压技术*, 2005, **30**(3):7~9
- 11 L. Ciocca, R. Scotti. CAD-CAM generated ear cast by means of a laser scanner and rapid prototyping machine [J]. *J. Prosthet Dent*, 2004, **92**(6):591~595
- 12 C. Runte, D. Dirksen, H. Deleré *et al.*. Optical data acquisition for computer-assisted design of facial prostheses [J]. *Int. J. Prosthodont.*, 2002, **15**(2):129~132