

舌侧矫治技术整体内收上前牙三维有限元模型的建立

刘代斌, 方志欣, 周 嫣, 黄敏方

基金项目: 广西自然科学基金项目(编号:2012GXNSFAA053127); 广西第十五批“新世纪十百千人才工程”第二层次人选专项资金资助项目

作者单位: 530021 南宁, 广西壮族自治区人民医院口腔正畸科(刘代斌现在湖南长沙市口腔医院)

作者简介: 刘代斌(1980-), 男, 医学硕士, 主治医师。研究方向: 口腔医学。E-mail: 37353407@qq.com

通讯作者: 方志欣(1967-), 女, 医学硕士, 主任医师, 硕士研究生导师, 研究方向: 口腔正畸学临床及应用基础研究。E-mail: fangzx802@sina.com

[摘要] **目的** 建立舌侧矫治技术整体内收上前牙的三维有限元模型, 为进一步探讨舌侧矫治技术整体内收上前牙的生物力学特征奠定基础。**方法** 利用志愿者的 CT 扫描数据及舌侧托槽等实体数据通过一系列专用软件的运行, 建立包含上颌骨、牙槽骨、牙周膜、牙(拔除左右第一双尖牙)、舌侧托槽、有牵引钩(不同长度)的舌侧弓丝及上颌腭侧微种植体在内的整体上颌三维有限元模型。**结果** 建立了牵引钩长度分别为 2 mm、4 mm、6 mm、8 mm、10 mm 的五个上颌有限元模型, 每个模型均包括 42 个实体模型。**结论** 所建立的舌侧矫治技术整体内收上前牙阶段具有不同长度牵引钩的整体三维有限元模型, 几何相似性强, 临床模拟度较高, 为后续的模拟加力研究创造了条件。

[关键词] 舌侧正畸; 三维有限元; 上前牙; 生物力学

[中图分类号] R 783.5 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1674-3806(2016)10-0854-04

doi:10.3969/j.issn.1674-3806.2016.10.02

Construction of a 3-D finite element model for lingual bracket system used in the retraction of six upper anterior teeth LIU Dai-bin, FANG Zhi-xin, ZHOU Yan, et al. Department of Orthodontics, the People's Hospital of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530021, China

[Abstract] **Objective** To construct a 3-D finite element model(FEM) for lingual bracket system used in the retraction of six upper anterior teeth, and to lay the foundation for further biomechanical study of the retraction of upper anterior teeth in lingual orthodontic treatment. **Methods** A 3-D FEM including the maxilla, alveolar bone, periodontal ligament, dentition(removal of the two first premolars), lingual brackets, arch wire with hooks(with different length) and micro-implants was constructed through a series of specialized software running based on a volunteer's CT scan data, lingual brackets and other real items. **Results** 5 entire 3-D FEMs for lingual appliance with the hook lengths of 2 mm, 4 mm, 6 mm, 8 mm and 10 mm were constructed respectively, and each had 42 volume models. **Conclusion** The originated 3-D FEMs for lingual appliance have higher geometrical similarity and resemblance of clinical situation, and can set the stage for further biomechanical research during the en-masse retraction of upper anterior teeth.

[Key words] Lingual orthodontics; 3-D finite element; Upper anterior tooth; Biomechanics

随着社会经济的发展,人们越来越注重容貌美,对正畸的要求已不仅仅是矫正后能达到美观的效果,而且矫治过程中的美观性及隐蔽性也越来越受到广大患者的重视。舌侧矫治技术是目前最能兼具美观和高效的矫治技术。但对于需要较大范围内收

前牙的拔牙矫治病例,运用舌侧矫治技术矫治要达到理想的矫治目标难度仍较大。因此有必要对舌侧矫治技术内收前牙的力学特征进行研究。而三维有限元法是目前进行正畸力学研究的主要工具。本研究旨在建立具有不同长度前牙区牵引钩的舌侧矫治

系统的整体上颌三维有限元模型,为进一步探索舌侧矫治技术内收前牙的理想施力方式提供条件。

1 对象与方法

1.1 研究对象 健康志愿者一名,女性,24 岁。颜面部左右基本对称,面上中下比例协调;个别正常𬌗,无牙齿缺失、龋齿和牙周病;牙颌面部无金属修复体;无正畸治疗和颌面部外伤史;实验前签署知情同意书。

1.2 研究方法 采用 SENSATION64 螺旋 CT 机对志愿者进行颌面部扫描,得到上颌的 CT 图像,存储为 dicom 格式。通过 mimics15.0、Geomagic Studio12.0 及 Ansys workbench 等系列专用软件的运行完成有限元模型的建模。

1.2.1 上颌三维模型的建立 采用医学图像处理软件 Mimics15.0 完成对 CT 数据的分割和处理:根据临床实际分别定义冠状面、矢状面和横断面,将 CT 图片数据有序地排放,利用 mimics 软件进行阈值分割,然后利用动态区域增长的方法,选择人体骨骼和牙齿的阈值,获取上牙列和上颌骨的几何模型,输出为 Stl 格式文件,再利用 Geomagic stuio12.0 逆向工程软件,修理图型边缘存在的一些毛刺和图型中存在的空洞,然后对表面三角片进行编修、降噪处理,得到光滑的牙列和上颌骨实体模型,以 IGES 格式导出。

1.2.2 牙周膜的建模 正常人的牙周膜厚度是 0.15 ~ 0.38 mm^[1]。本实验选取牙周膜的厚度为 0.2 mm,利用 Geomagic stuio12.0 逆向工程软件,对经过处理后光滑的牙列曲面模型抽壳 0.2 mm,形成了具有 0.2 mm 厚度的曲面模型,然后通过对该曲面模型和处理好的上颌骨进行布尔运算,便得到了 0.2 mm 厚度的牙周膜,并把本曲面以 STL 格式文件导出,做有限元网格划分备用。见图 1。

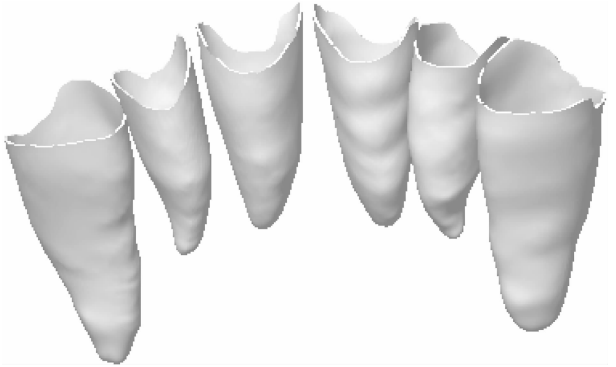


图 1 牙周膜建模

1.2.3 托槽、弓丝、牵引钩及微种植体的建模 采用“eBrace”个性化舌侧托槽的槽沟尺寸^[2]数据,托槽的位置基本位于舌侧临床冠的中心;弓丝的尺寸是 0.016 英寸×0.022 英寸(0.41 mm×0.56 mm)的不锈钢丝。前牙区和后牙区的弓丝保持在同一平面,并与𬌗平面基本平行,其中 0.016 英寸为弓丝的颊舌径,0.022 英寸为弓丝的𬌗龈径;牵引钩为不锈钢杆状结构,末端为钩状,与弓丝是刚性连接,位于上颌双侧侧切牙与尖牙之间,牵引钩的方向是指向牙根方向,末端钩分别距离弓丝平面 2 mm、4 mm、6 mm、8 mm、10 mm,牵引钩顺应上颌骨腭侧组织面形态,与上颌骨相应腭侧骨组织面距离为 1.5 mm,与黏膜表面最近处距离为 0.5 mm;微种植体骨内长度 8 mm,直径为 1.3 mm,螺纹高度为 0.1 mm,螺纹顶角为 60°,螺距为 0.5 mm(与合平面平行植入于上颌左右第一磨牙与第二磨牙间腭侧,距离牙槽嵴顶 6 mm 处)。根据以上几何参数,用 ANSYS 建立托槽、弓丝、牵引钩及微种植体的三维实体模型。

1.2.4 整体上颌三维有限元模型的建立 将上述模型导入有限元分析软件 Ansys workbench,定义材料属性(牙槽骨皮质骨弹性模量 1.37×10^5 MPa,松质骨 1.37×10^4 MPa,两者泊松比均为 0.30;牙齿的弹性模量值为 2.03×10^4 MPa,泊松比为 0.30;牙周膜弹性模量为 50 MPa,泊松比为 0.49;托槽、弓丝及牵引钩的弹性模量均是 2.06×10^5 MPa,泊松比为 0.30^[3])。将左右第一双尖牙牙冠去除,同时将其牙根、牙周膜的弹性模量和泊松比设定为牙槽骨松质骨的弹性模量和泊松比,并进行网格划分等,最终生成包含上颌骨、牙槽骨、牙周膜、牙(拔除左右第一双尖牙)、舌侧托槽、有牵引钩(不同长度)的舌侧弓丝及上颌腭侧微种植体在内的整体上颌三维有限元模型。本实验假设模型中各种材料和组织是线性、连续、均质、各向同性的线弹性材料。将牙齿与牙周膜、牙周膜与牙槽骨、托槽与牙齿等设置为 bond 约束;弓丝与托槽之间设置为摩擦接触,将上颌骨顶面设置为固定边界条件。

2 结果

根据牵引钩高度的不同,共建立 5 个有限元模型,牵引钩分别距离弓丝平面 2 mm、4 mm、6 mm、8 mm、10 mm。每个模型包括 42 个实体模型:共中牙齿 12 个,牙周膜 12 个,托槽 12 个,上颌骨 1 个,弓丝 1 个,种植体 2 个,牵引钩 2 个。见图 2。

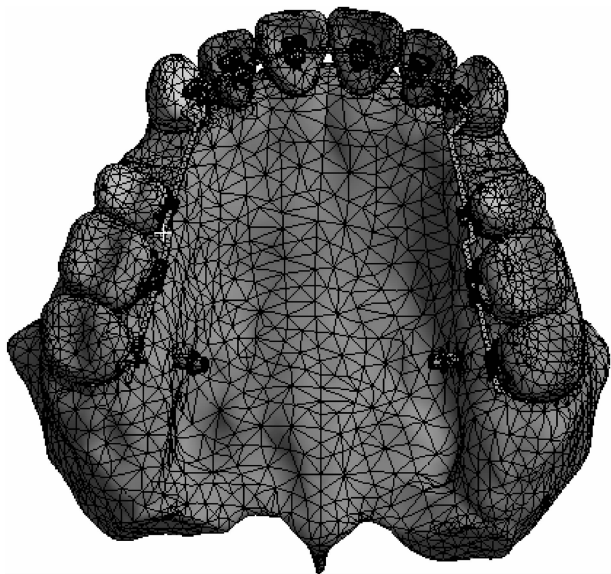


图2 舌侧矫治系统内收上前牙阶段整体三维有限元模型

3 讨论

3.1 构建个性化舌侧矫治技术前牙区不同长度牵引钩内收前牙三维有限元模型的意义 口腔正畸学是口腔医学的一门分支学科,是发展最迅速、最热门的专业,其技能性、综合性、交叉性很强,涉及到很多机械力学问题。正畸治疗中牙齿的移动涉及两大因素,一是对牙齿施加的外力,一是机体对外力的反应^[4]。口腔正畸力作用于牙齿,牙齿的运动既具有力学的特性又不等同于简单的力作用于物体上的反应。三维有限元分析是一种常用的力学分析方法,它最初是应用于工程领域,把工程中一些复杂的问题分解成许多简单的问题,对这些简单的问题进行求解,用以推测复杂问题,得到近似解。后因其对具体情况的模拟效果较为逼真且与实际情况接近,被广泛应用于医学研究领域。在口腔医学领域,国内外学者们也进行了较多的三维有限元相关模型的建立及研究。在口腔正畸学领域,有限元分析主要用于分析加力过程中牙齿的移动情况和牙周膜的应力分布特征。它可以直接在力学模型上进行离散化分析,思路和解答过程清晰明了。从现有的舌侧矫治技术的三维有限元研究看,已有学者对舌侧矫治技术内收上前牙关闭拔牙间隙阶段进行三维有限元建模及分析。柳大为等^[5]建立包含牙列、上颌骨、牙周膜、舌侧托槽、弓丝的整体的三维有限元模型,蔡留意等^[2]建立了包含牙列、上颌骨、牙周膜、舌侧托槽、弓丝和种植体的三维有限元模型,但均未涉及个性化舌侧矫治技术前牙牵引钩长度变化时内收上前牙的三维有限元建模及受力分析。本研究建立了包

括牙列-牙周膜-上颌骨-舌侧矫治器及带有不同长度牵引钩等在内的整体三维有限元模型,为进一步研究施力点与上颌牙列抗力中心不同位置关系时,前牙整体内收的生物力学反应,为探寻舌侧矫治技术内收上前牙时更理想的施力方式提供了研究条件。

3.2 个性化舌侧矫治器不同长度前牙区牵引钩内收上前牙三维有限元模型的构建特点 本研究的上颌骨、牙齿的模型是根据合格的志愿者的CT扫描结果来建立,CT扫描的结果符合临床实际的要求,最大程度地模拟了人体的结构特征。牙周膜的模型是利用Geomagic Studio的逆向工程软件建立,牙周膜的建模厚度为0.2 mm,模拟了正常人牙周膜厚度,同时在成形的过程中,模拟每个牙齿的牙周膜形态来建模,与临床相吻合。本研究的托槽依据国产易美个性化舌侧矫正系统的数据建模,适应舌侧矫治技术的发展趋势。前牙区的牵引钩位于双侧侧切牙与尖牙之间,由殆方指向龈方,与牙槽骨舌侧最凸处的距离为1.5 mm(扣除舌侧牙龈的平均厚度约1 mm,则与黏膜表面最近处距离约为0.5 mm),模拟临床中的牵引钩放置,避免牵引钩压迫黏膜。牵引钩受力点距离弓丝平面的高度分别是2 mm、4 mm、6 mm、8 mm、10 mm,不会对舌体活动造成较大干扰。弓丝采用不锈钢蘑菇状弓丝,并且根据牙弓形态生成,整个弓丝连续、平滑无折皱。故本研究构建的舌侧矫治技术不同长度前牙区牵引钩内收上前牙的三维有限元模型包括了一个完整的矫治体系,和临床实际有很强的几何相似性,以这种完整的有限元模型进行生物力学分析,结论也将更具有可靠性。

3.3 本研究所涉及的组织均为各向异性、非均质的非线性体,故将牙颌组织视为非线性各向异性的非均质体材料,具有更精确的仿真性^[6]。但由于目前尚缺乏各种生物组织的精确的力学属性特征的资料,所以目前的医学三维有限元研究绝大部分仍假定所研究的组织是线性、连续、均质、各向同性的线弹性材料。虽然如此,有研究证实目前的方法仍然有效,也帮助研究解决了许多医学生物力学问题。尤其在口腔医学领域,有学者认为由于牙体组织和骨组织与牙周膜的弹性模量差别很大,故无需区分材料各向异性或同性、均质或非均质等,牙釉质与牙骨质等也无需区分,故在简化材料特性下得出的研究结果仍然有意义^[5,7]。但建立具有非线性、各向异性、非均质和黏弹性等不断接近人体牙颌颌面骨的真实物理特性的三维有限元模型,提高生物仿真程度,是将来三维有限元在口腔正畸领域的研究

方向之一,需要数学、工程力学、材料力学、口腔医学和计算机图形学等多门学科的融合努力。

参考文献

1 孟焕新. 牙周病学[M]. 第 3 版. 北京:人民卫生出版社,2000:14 – 15.

2 蔡留意,林久祥,张月兰,等. 个体化舌侧矫治器微种植体支抗滑动法内收上前牙的三维有限元模型的构建[J]. 中华口腔正畸学杂志,2014,21(3):14 – 18.

3 杨宝宽,王 林,严 斌,等. 利用 MIMCS 和 CATIA 软件建立包含方丝弓矫治器的上颌三维有限元模型[J]. 实用口腔医学杂志,2010,26(3):329 – 332.

4 傅民魁. 口腔正畸专科教程[M]. 北京:人民卫生出版社,2007:123.

5 柳大为,郭 亮,周彦恒,等. 关闭拔牙间隙阶段个体化舌侧矫治器三维有限元模型的建立[J]. 中华口腔正畸学杂志,2009,16(4):219 – 222.

6 Wakabayashi N,Ona M,Suzuki T,et al. Nonlinear finite element analyses:advances and challenges in dental applications[J]. J Dent, 2008,36(7):463 – 471.

7 Bourauel C, Vollmer D, Jäger A. Application of bone remodeling theories in simulation of orthodontic tooth movement[J]. J Orofac Orthop, 2000,61(4):266 – 279.

[收稿日期 2015 – 11 – 24][本文编辑 刘京虹]

课题研究 · 论著

血管介入与单纯药物对粥样硬化性肾动脉狭窄患者控压水平及心功能的改善作用比较

唐亮宇, 王树源, 谭少玲, 苏荣斌

基金项目:肇庆市科技创新计划项目(编号:2014E211)

作者单位:526000 广东,肇庆市第一人民医院心血管内科
作者简介:唐亮宇(1983 –),男,大学本科,医学学士,主治医师,研究方向:心血管及内分泌相关性疾病的诊治。E-mail:sunflower8311@163.com

[摘要] **目的** 比较血管介入与单纯药物对粥样硬化性肾动脉狭窄(ARAS)患者控压水平及心功能的改善作用。**方法** 选择2012-01~2015-07收治的87例ARAS患者作为研究对象,根据患者意愿分为介入组45例和单纯药物组42例。比较两组治疗前后收缩压(SBP)、舒张压(DBP)、血清肌酐(Cr)、心功能分级、左室舒张末径(LVEDD)、左室射血分数(LVEF)及高血压治愈率、肾功能改善率。**结果** 两组治疗前SBP、DBP、Cr、心功能分级、LVEDD、LVEF比较差异无统计学意义(P 均 >0.05),治疗后SBP、DBP均降低,治疗前后差异有统计学意义($P<0.05$),但治疗后两组比较差异无统计学意义($P>0.05$);Cr治疗前后差异无统计学意义($P>0.05$)。介入组治疗后心功能分级、LVEDD分别降低至 (2.2 ± 0.4) 、 (52.5 ± 4.6) mm,低于治疗前及单纯药物组治疗后;LVEF升高至 $(53.3\pm4.1)\%$,高于治疗前及单纯药物组治疗后,差异均有统计学意义($P<0.05$)。两组高血压治愈率与肾功能改善率无明显差异($P>0.05$)。**结论** 与单纯药物治疗相比,介入治疗在血压控制与肾功能改善方面虽无明显优势,但心功能改善更佳,可减少心脑血管不良事件,进而发挥预防心血管并发症作用。

[关键词] 粥样硬化性肾动脉狭窄; 血管介入; 单纯药物; 心功能; 血压
[中图分类号] R 541 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1674 – 3806(2016)10 – 0857 – 05
doi:10.3969/j.issn.1674 – 3806.2016.10.03

Comparison between vascular interventional therapy and simple medication in blood pressure controlling and cardiac function in patients with atherosclerotic renal artery stenosis TANG Liang-yu, WANG Shu-yuan, TAN Shao-ling, et al. Department of Cardiovascular Medicine, the First People's Hospital of Zhaoqing, Guangdong 526000, China

[Abstract] **Objective** To compare the improving effects of vascular interventional therapy and simple medi-