

网络出版时间: 2016-6-6 13:52:32 网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/34.1065.R.20160606.1352.070.html>

◇技术与方法◇

舌侧矫治内收上牙列的三维有限元建模及验证

刘小东¹, 蔡留意^{1,2}, 张月兰¹, 荣起国³

摘要 螺旋 CT 扫描获取志愿者的上颌 CT 图像, 利用 Mimics 10.0、Geomagic Studio、ANSYS 13.0 软件处理及运算, 建立舌侧矫治内收上牙列阶段的实体模型。根据微种植体与舌侧牵引延长臂的位置不同, 共建立 2 个实体模型。对实体模型进行网格划分, 并初步加载工况进行验证, 验证结果符合相关研究结论及临床实际情况。

关键词 舌侧矫治; 三维有限元; 生物力学

中图分类号 R 783.5

文献标志码 A **文章编号** 1000-1492(2016)07-1071-04

微种植体支抗内收上牙列技术是近年来临床开展的一项新技术, 适用于轻度拥挤、前凸不严重的边缘性或牙性 II 类错殆病例^[1]。目前, 此项技术在舌侧正畸中的应用仍处于临床探索阶段, 缺乏系统的生物力学研究为其临床应用提供理论支持。三维有限元分析法在口腔生物力学研究中有非常重要的地位, 被普遍认为是生物力学研究最先进有效的方法之一^[2], 而三维有限元分析的准确性依赖于为研究对象建立一个有较高仿真性的有限元模型。基于上述背景, 该研究拟建立舌侧矫治内收上牙列的三维有限元生物力学模型, 并对模型的有效性进行验证, 为深入研究舌侧矫治内收上牙列阶段的生物力学特征做准备。

1 材料与方法

1.1 数据来源 选取牙列为个别正常殆的健康成年志愿者 1 名, 无牙齿缺失、龋齿和牙周病, 牙齿形态正常、排列整齐。利用 256 排多层螺旋 CT 扫描仪(SIEMENS)对患者头部颌骨区域进行螺旋扫描及断面图像处理, 以 DICOM 格式存储。

1.2 建立上牙列-牙周膜-上颌骨模型 参考吴

映燕等^[3]的建模方法, 首先利用 Mimics 10.0 软件读入 CT 数据, 通过阈值分割获取牙列和上颌骨的三维几何表面模型, 存储为 stl 格式。将 stl 格式文件导入逆向 CAD 软件 Geomagic Studio 中进行修整和拟合, 得到光滑的牙列和上颌骨表面模型。将所有牙齿整体向外扩展 0.3 mm, 然后与牙槽骨进行布尔运算得到 0.3 mm 厚度的牙周膜模型。最后, 将包含牙列、牙周膜、上颌骨的表面模型导入到有限元软件 ANSYS 13.0 中, 通过布尔运算得到包含牙列、牙周膜和颌骨的三维有限元实体模型。

1.3 整体模型的建立 参考个体化舌侧矫治器的设计特点^[4], 利用 CAD 软件建立整体三维有限元模型。托槽底板与牙齿舌面形态完全吻合, 槽沟尺寸为 0.46 mm × 0.64 mm, 其中 0.46 mm 为殆龈向径, 0.64 mm 为颊(唇)舌向径。弓丝尺寸为 0.41 mm × 0.55 mm, 其中 0.41 mm 为殆龈向径, 0.55 mm 为颊(唇)舌向径。弓丝采用分段建立的方法, 首先生成镶嵌于槽沟内的部分, 然后通过光滑连接形成整体。Lever-arm 尺寸为 0.41 mm × 0.55 mm, 其中 0.41 mm 为颊(唇)舌向径, 0.55 mm 为近远中径, 舌侧牵引臂的形态均匀避开腭穹窿并向龈方延伸, 其末端与弓丝平面的垂直距离为 9 mm。微种植体骨内长度为 8 mm, 直径为 1.3 mm。根据微种植体与舌侧牵引臂的位置不同, 共建立 2 个有限元模型。模型 1: 微种植体位于第二前磨牙和第一磨牙间腭侧距牙槽嵴顶 6 mm 处, 舌侧牵引臂连接于侧切牙与尖牙间的弓丝中点, 见图 1。模型 2: 微种植体位于第一磨牙和第二磨牙间腭侧距牙槽嵴顶 6 mm 处, 舌侧牵引臂连接于尖牙与第一前磨牙间的弓丝中点, 见图 2。

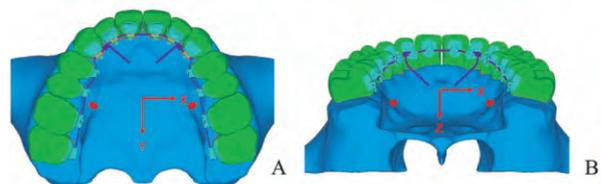


图 1 整体模型 1
A: 殆面观; B: 后面观

2016-04-14 接收

基金项目: 河南省医学科技攻关计划重点项目(编号: 201402022)

作者单位: ¹ 郑州大学口腔医学院正畸科, 郑州 450003

² 武警河南总队医院口腔科, 郑州 450052

³ 北京大学工学院生物医学工程系, 北京 100871

作者简介: 刘小东, 男, 硕士研究生;

蔡留意, 男, 教授, 主任医师, 硕士生导师, 责任作者, E-mail: daniel5363@163.com

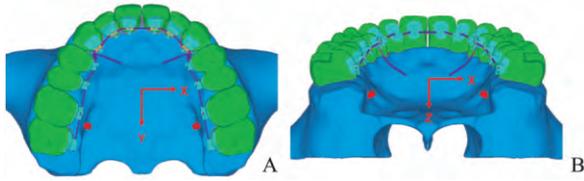


图2 整体模型2
A: 骀面观; B: 后面观

1.4 模型优化 为模拟口腔中的唾液成分 在有限元模型弓丝与槽沟之间的余隙内充填液体介质, 并对其赋以远低于托槽及弓丝的弹性模量, 以模拟唾液的物理特性^[5]。在模型中每2个相邻托槽之间使用2个Link杆单元进行连接, 共建立26个Link杆单元, 以限制相邻牙齿间的背离趋势, 模拟临床上的连续结扎。

1.5 定义材料属性 参考相关经典研究^[3,5]对各材料属性赋值: 牙槽骨弹性模量 1.37×10^4 MPa, 泊松比 0.30; 牙齿弹性模量 2.03×10^4 MPa, 泊松比 0.30; 牙周膜弹性模量 50.0 MPa, 泊松比 0.49; 微种植体弹性模量 1.03×10^5 MPa, 泊松比 0.35; 托槽、弓丝及 lever-arm 弹性模量均为 2.06×10^5 MPa, 泊松比均为 0.30; 液体介质的弹性模量为 30.0 MPa, 泊松比为 0.30。

1.6 坐标轴 Y方向是咬合平面上牙弓弓形的对称轴方向, 中切牙的唇面指向舌面为 +Y; X方向是在咬合平面上与Y方向垂直的方向, 右侧磨牙指向左侧磨牙的方向为 +X; Z方向是与XY平面垂直的方向, 由骀面指向龈面为 +Z。

2 结果

2.1 建模 建立了舌侧矫治内收上牙列阶段的三维有限元生物力学模型, 用10节点四面体单元进行网格剖分, 以模型1为例, 网格剖分后有节点2 049 446个, 单元1 332 618个, 见图3。其中牙齿966 567个节点, 678 898个单元; 上颌骨593 103个节

点, 391 849个单元; 牙周膜263 220个节点, 130 174个单元; 托槽162 116个节点, 95 905个单元; 弓丝35 298个节点, 17 853个单元; 微种植体29 142节点, 17 939个单元。模型2的单元和节点数与模型1基本相似, 略有差别。

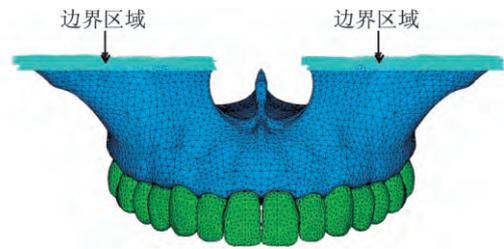


图3 网格划分后的三维有限元模型(箭头所指区域为上颌骨边界)

2.2 边界及计算条件 选择上颌骨顶部的59 784个单元设置为边界区域, 见图3, 限制边界区域内的节点和单元在三维方向的移动, 以保证在加载工况时上颌骨保持绝对静止。各材料在受力状态下均为小变形, 托槽和牙齿、舌侧牵引臂和弓丝均被看成整体, 相邻牙齿间始终发生接触且接触位置无大的改变。弓丝能沿着槽沟发生滑动, 在垂直方向不发生分离, 弓丝与托槽之间的静摩擦力忽略不计。

2.3 模型验证 在模型1中, 选取舌侧牵引臂上与弓丝平面垂直距离为3、9 mm处为施力点, 分别向微种植体顶端施加2.5 N载荷。计算2种工况下牙列在水平向(X方向)、矢状向(Y方向)、垂直向(Z方向)的初始位移, 对模型进行验证。

2.3.1 3 mm高度加力 水平向: 总体稳定, 尖牙牙冠有水平外扩趋势, 自远中向近中减弱, 见图4A。
矢状向: 中切牙有内收舌倾趋势, 侧切牙有明显内收舌倾趋势; 尖牙近中部分有内收趋势, 远中部分有外翻趋势, 见图4B。
垂直向: 中切牙有伸长趋势, 侧切牙远中舌隆突部分有明显压低趋势, 近中切角有伸长趋势; 尖牙牙冠近中部分有伸长趋势, 向远中逐渐转变为压低趋势, 见图4C。

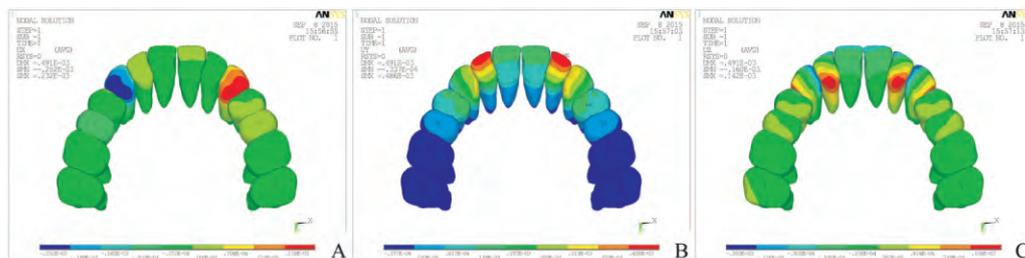


图4 工况1: 3 mm高度加力时牙列初始位移
A: 水平向初始位移(UX); B: 矢状向初始位移(UY); C: 垂直向初始位移(UZ)

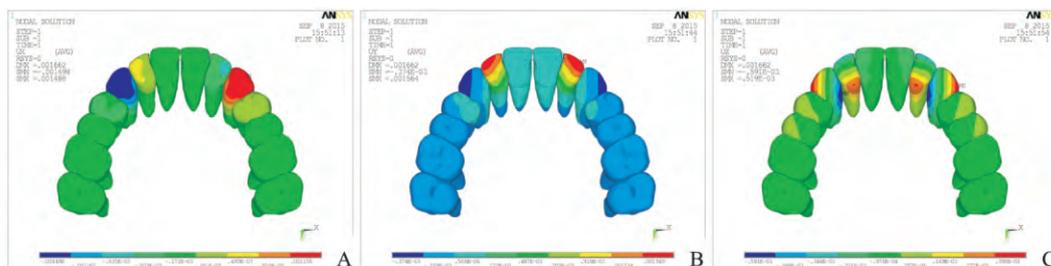


图5 工况-2:9 mm 高度加力时牙列初始位移

A: 水平向初始位移(UX); B: 矢状向初始位移(UY); C: 垂直向初始位移(UZ)

2.3.2 9 mm 高度加力 水平向: 尖牙牙冠有明显水平外扩趋势, 侧切牙牙冠远中切角处有内翻扭转趋势, 见图 5A。矢状向: 中切牙有整体内收趋势, 侧切牙有明显内收舌倾趋势, 尖牙牙颈部及牙根近中部分有内收趋势, 其余部分有明显外翻趋势, 见图 5B。垂直向: 侧切牙切缘有明显伸长趋势, 舌隆突部分有压低趋势; 尖牙远中边缘嵴部分有明显压低趋势, 近中牙颈部有明显伸长趋势, 见图 5C。

3 讨论

在微种植体与舌侧牵引臂组成的内收系统中, 微种植体及舌侧牵引臂的位置决定了矫治力的力线, 而力线与牙齿、牙列阻抗中心位置的关系决定了牙齿、牙列的移动方式^[6]。在临床治疗中, 微种植体需植入牙根间隙较大的区域, 以降低牙列远移过程中牙根碰触微种植体的风险, 而舌侧牵引臂的位置可以在腭部进行灵活调整。参考国内学者有关成年患者上颌后牙区解剖特点的研究^[7], 在第二前磨牙与第一磨牙间、第一磨牙与第二磨牙间腭侧距牙槽嵴顶 6、8 mm 处有较大的牙根间隙, 考虑到微种植体植入位置过高不利于牙列的内收, 本研究分别将微种植体固定于第二前磨牙与第一磨牙间、第一磨牙与第二磨牙间腭侧距牙槽嵴顶 6 mm 处, 充分结合了临床实际情况。舌侧牵引臂放置于临床常用位置, 其末端距弓丝平面的垂直高度为 9 mm, 便于模拟在舌侧牵引臂不同高度处加力内收上牙列时的情况。

本研究通过 2 种工况对模型进行验证, 在 3 mm 高度加力的工况下, 前牙均出现了不同程度的舌倾、伸长伴倾斜扭转趋势, 这与蔡留意等^[8]的研究基本一致, 同时也符合临床经验。在 9 mm 高度加力的工况下, 中切牙的移动方式由倾斜移动转变为整体移动, 说明此时矫治力的力线在垂直方向上通过中

切牙阻抗中心。根据本模型的解剖形态分析, 上中切牙的阻抗中心位置在距牙槽嵴顶 0.47 倍根长处, 这与研究^[9]基本一致。

经实验验证, 本模型有较高的生物仿真性, 可以真实模拟舌侧矫治内收上牙列这一过程。舌侧矫治内收上颌牙列的三维有限元模型系国内首次构建, 在此模型基础上, 还可以研究舌侧矫治中打开咬合、压低磨牙等阶段的生物力学特征, 具有很高的后续研究价值。

参考文献

- [1] 刘海波, 冯雪, 刘莹, 等. 种植体支抗内收上颌全牙列的三维有限元分析[J]. 实用口腔医学杂志, 2012, 28(3): 341-5.
- [2] 王斌, 张晏更, 潘淑勤, 等. 鼻上颌骨复合体有限元模型的建立[J]. 安徽医科大学学报, 2008, 43(2): 231-3.
- [3] 吴映燕, 蒋勇, 陈琳, 等. 微种植体支抗滑动法关闭间隙的三维有限元建模及实验验证[J]. 安徽医科大学学报, 2014, 49(6): 853-5.
- [4] Wiechmann D, Rummel V, Thalheim A, et al. Customized brackets and archwires for lingual orthodontic treatment[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2003, 124(5): 593-9.
- [5] 柳大为, 郭亮, 荣起国, 等. 个性化舌侧矫治器滑动法关闭间隙时牙齿移动趋势的三维有限元研究[J]. 中华口腔正畸学杂志, 2011, 18(3): 135-8.
- [6] Hong R K, Heo J M, Ha Y K. Lever-arm and mini-implant system for anterior torque control during retraction in lingual orthodontic treatment[J]. Angle Orthod, 2005, 75(1): 129-41.
- [7] 朱胜吉, 周彦恒. 成年患者上颌后牙区解剖特点的 CT 研究[J]. 口腔正畸学, 2008, 15(2): 53-6.
- [8] 蔡留意, 林久祥, 张月兰, 等. 个性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(1): 14-8.
- [9] Liang W, Rong Q, Lin J, et al. Torque control of the maxillary incisors in lingual and labial orthodontics: a 3-dimensional finite element analysis[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2009, 135(3): 316-22.

分期手术整复双侧混合性唇裂的临床研究

郑先雨^{1,2,3} 程继光^{1,2,3} 何家才^{1,2,3}

摘要 采用分期手术方法整复 8 例双侧混合性唇裂患儿。8 例患儿两次手术切口均 I 期愈合,二期手术后,双侧唇高基本对称,鼻孔对称性良好,唇红形态自然。表明双侧混合性唇裂采用分期手术效果良好,可以被患儿家属接受,值得推广。

关键词 双侧唇裂;分期手术;Millard 法

中图分类号 R 782.21

文献标志码 A 文章编号 1000-1492(2016)07-1074-03

双侧唇裂的整复方法主要有原长法和加长法两种,且大多数采用一次手术,而对于双侧混合性唇裂,有学者^[1-2]提倡进行分期手术整复,效果良好,可以作为一种较好的手术方式尝试。近年来笔者应用分期手术整复方案整复双侧混合性唇裂 8 例,通过术后随访观察,效果满意,现报告如下。

1 材料与方法

1.1 病例资料 选择 2008 年 6 月~2015 年 6 月于安徽医科大学附属口腔医院口腔颌面外科手术的双侧混合性唇裂患儿 8 例,其中男 5 例,女 3 例,年龄 0.5~6.0 岁。畸形类型:左侧 II 度唇裂伴右侧唇隐

裂 5 例,左侧 III 度唇裂伴右侧 I 度唇裂 2 例,右侧 III 度唇裂伴左侧唇隐裂 1 例,所有病例未经任何治疗。一期手术年龄 3~6 个月,二期手术年龄 1.5~6.0 岁,术前均行血常规、肝肾功能、胸片、心电图等常规检查,并排除全麻手术禁忌证。

1.2 治疗方案 手术分两期进行,一期手术时仅行一侧 II 度或者 III 度唇裂整复术;二期手术予以另一侧 I 度唇裂或者唇隐裂整复术以及唇红部畸形整复术。手术前均行全身检查,排除手术禁忌证,术后常规唇裂护理。

1.3 手术方法

1.3.1 一期手术 气管插管全身麻醉,采用改良 Millard 法+肌功能修整,见图 1。对一侧 II 度或者 III 度唇裂进行整复,按 Millard 法常规定点画线,笔者将 8 点定于鼻翼基部内侧,对于唇高不足的病例,采用小的下三角瓣予以补充,手术切口见图 1A 中红色实线所示,缝合后见图 1B。

1.3.2 二期手术 常规气管插管全身麻醉,采用直线法对另一侧的 I 度唇裂或者唇隐裂进行整复,定点画线见图 1C 中红色实线所示,对唇红部的凹陷畸形采用侧唇肌肉瓣转移修复,术后示意图见图 1D。

2 结果

8 例患儿一期及二期术后切口均 II/甲愈合,二

2016-03-23 接收

基金项目:国家自然科学基金(编号:81371114);安徽医科大学校科研基金(编号:2013xkj016)

作者单位:¹安徽医科大学口腔医学院,²安徽医科大学附属口腔医院,³安徽省口腔疾病研究中心实验室,合肥 230032

作者简介:郑先雨,男,主治医师,责任作者,E-mail: zhengxianyu1982@163.com

Establishment and validation of lingual appliance three-dimensional finite element model during retracting upper dentition

Liu Xiaodong¹, Cai Liuyi^{1,2}, Zhang Yuelan¹, et al

(¹Dept of Orthodontics, School of Stomatology, Zhengzhou University, Zhengzhou 450003;

²Dept of Stomatology, Henan Provincial Corps Hospital, Chinese People's Armed Police Forces, Zhengzhou 450052)

Abstract Cone-beam computed tomography was applied to scan volunteer's maxillary. Mimics 10.0, Geomagic Studio and ANSYS 13.0 were employed to develop 2 volume models, based on the position of micro-implant and lever-arm, during retracting upper dentition by lingual appliance. The effectiveness of 3-D finite element models was validated by loading working conditions after dividing FEM mesh. The validation results were consistent with the related research conclusion and actual clinical situation.

Key words lingual orthodontics; three-dimensional finite element analysis; biomechanics