

减阻牵张远移上颌尖牙的三维有限元分析

梁志红¹ 薛俊杰^{2,3} 王洪军¹

摘要 目的 模拟不同术式远移上颌尖牙,分别建立其三维有限元模型,分析尖牙和牙周组织的生物力学状况。方法 分别建立常规状态下移动尖牙(模型1)、牙周膜减阻牵张成骨术移动尖牙(模型2)、牙槽骨减阻牵张成骨术移动尖牙(模型3)的三维有限元模型,在颊腭双侧力的加载后观察牙及周围组织应力分布和位移情况。结果 尖牙最大瞬时位移值模型2>模型3>模型1,最大等效应力值模型2<模型1<模型3,最大主应力模型1<模型2<模型3,最大剪切应力模型2<模型1<模型3。结论 “牙周膜减阻牵张成骨”和“牙槽骨减阻牵张成骨”可有效减小牙移动阻力,加大尖牙瞬时位移,且去除尖牙远中骨质效果较去除颊侧骨皮质更为显著。两种方法均成功避免了支抗丧失,但尖牙存在远中倾斜趋势,在临床工作中应加以控制。

关键词 牵张成骨;三维有限元法;错颌畸形;牙齿移动

中图分类号 R 783.5

文献标志码 A **文章编号** 1000-1492(2014)08-1132-05

错颌畸形对广大患者的身心健康存在巨大危害,然而,常规牙移动速度平均仅1 mm/月,使得错颌畸形治疗时间长达约2年^[1]。且拉尖牙向远中移动的过程中,支抗磨牙受反作用力前移,从而引起支抗丧失。为加快牙移动速度,控制支抗, Liou et al^[2]出了“牙周膜牵张成骨”的概念。随后 Kinsner et al^[3]进一步提出了“牙槽骨牵张成骨”的技术。两种方法因大大加快正畸牙移动速度引起了人们的广泛关注^[4-10]。目前对这两种术后生物力学特性的报道甚少。为深入了解减阻牵张成骨术所引起的牙及牙周组织的生物力学特点,该文将螺旋CT与多种软件相结合,对不同术式远移尖牙进行三维有限元模拟,借助 Ansys 11.0 精确求解,客观准确地反映瞬时位移、应力分布情况,为临床工作提供理论依

据。

1 材料与方法

1.1 选择建模对象 成年男性志愿者1例,安氏Ⅰ类磨牙关系,无正畸治疗史,无牙体缺损,无牙周疾病,无颞下颌关节疾病。

1.2 CT扫描 美国通用公司 GE light speed VCT 64排螺旋CT机平行于眶耳平面进行扫描,从眶下缘至颈部下缘连续扫描,扫描层厚为0.5 mm,将数据以医学图像通讯标准(digital imaging and communications in medicine, DICOM)格式输出。共选取196个横截面二维图像为原始建模数据^[11]。

1.3 三维几何模型建立 利用交互式医学图像控制系统(Mimics)软件调整图像的阈值,从而区分下颌骨、牙齿、牙周膜。以多面体方式重构出下颌骨、牙齿、牙周膜的三维几何实体,以STL格式转入Geomagic Studio 8.0软件中,对模型进行精炼和细化,获得3D模型。最后将模型以STP格式文件导入Unigraphics NX软件中,分别模拟不同状态下尖牙移动的过程^[11]。

1.4 手术模拟 模型1:模拟常规状态下远移尖牙,拔除第一前磨牙,见图1。模型2:模拟牙周膜减阻牵张成骨术快速移动尖牙,①第一前磨牙被拔除;②将垂直切口由尖牙远中牙槽嵴顶向根尖做起;③将斜形切口由第1前磨牙近根尖处向尖牙根尖方向做起,见图2。模型3:模拟牙槽骨减阻牵张成骨术快速移动尖牙,①拔除第1前磨牙;②去除第1前磨牙颊侧骨板;③围绕尖牙垂直切开骨皮质,见图3。

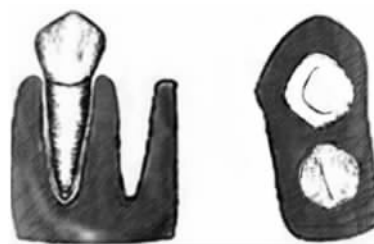


图1 常规状态下移动尖牙示意图

采用 Ansys 软件分别对3种三维几何模型进行

2014-04-14 接收

基金项目:新疆维吾尔自治区自然科学基金青年基金(编号:2011211B35)

作者单位:¹上海市虹口区牙病防治所口腔修复科,上海 200081

² 四川大学华西口腔医学院正畸科,成都 610041

³ 新疆医科大学附属第一医院口腔正畸科,乌鲁木齐 830000

作者简介:梁志红,女,主治医师;

薛俊杰,男,住院医师,责任作者,E-mail: kevinjmj2011@gmail.com

四方体单元格划分,见表1,并分别对各部分赋予相应的材料属性^[12-13],见表2。



图2 模拟牙周膜减阻牵张成骨手术去骨的平面示意图



图3 模拟牙槽骨减阻牵张成骨手术去骨示意图

表1 三维有限元模型网格划分信息

信息	模型1	模型2	模型3
节点数	82 138	83 577	83 149
单元数	42 966	43 477	43 427

表2 材料力学参数

材料	弹性模量 (kg/mm ²)	泊松比
牙齿	1.86×10^3	0.31
皮质骨	2.37×10^3	0.30
松质骨	8.00×10^2	0.30
牙周膜	7.03×10^{-2}	0.45

1.5 力的加载 在模型1沿近远中方向在尖牙牙冠中心处以磨牙为支抗向远中施加1.5 N的牵引力(颊腭侧各0.75 N),时长为1 s,见图4。模型2、3力的加载与模型1相同。

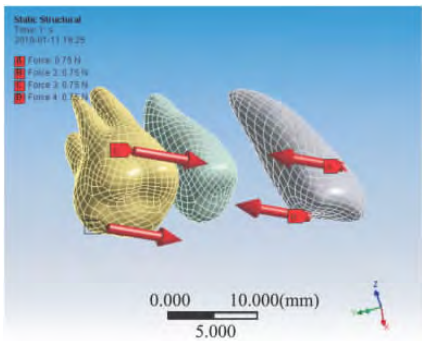


图4 力的加载示意图

1.6 统计学处理 任意加载条件下的全部节点计算通过Ansys 11.0有限元软件来完成。

2 结果

2.1 不同工况下瞬时位移比较 3种模型瞬时位移尖牙总体瞬时位移都是向远中方向,尖牙的最大瞬时位移位于尖牙牙冠颊侧和腭侧切1/3区,从牙冠向牙根逐渐减小。各模型尖牙牙根中1/3、第一前磨牙和第一磨牙牙根均未有可见位移。不同之处在于:尖牙在模型1的最大瞬时位移为 $1.892\ 5 \times 10^{-3}$ mm,模型2为 $1.981\ 2 \times 10^{-3}$ mm,模型3为 $1.942\ 6 \times 10^{-3}$ mm。见图5~7。

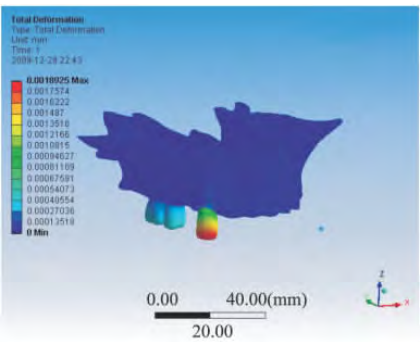


图5 模型1常规状态下尖牙移动时瞬时位移分布情况

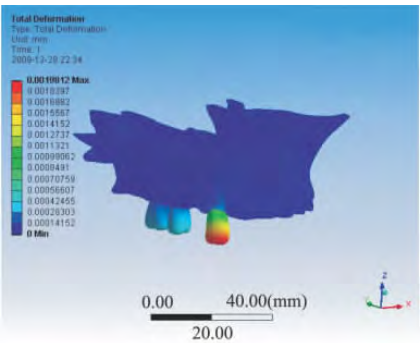


图6 模型2模拟牙周膜减阻牵张成骨手术后尖牙移动时瞬时位移分布情况

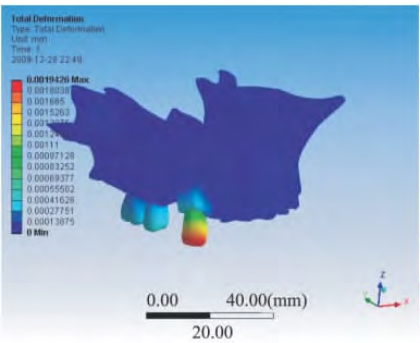


图7 模型3模拟牙槽骨减阻牵张成骨术后尖牙移动时瞬时位移分布情况

2.2 不同工况下等效应力比较 3种模型最大等效应力集中区都位于尖牙远中牙槽嵴处。其值于模型1为2.692 9 MPa,模型2为1.794 2 MPa,模型3为2.718 3 MPa。见图8~10。

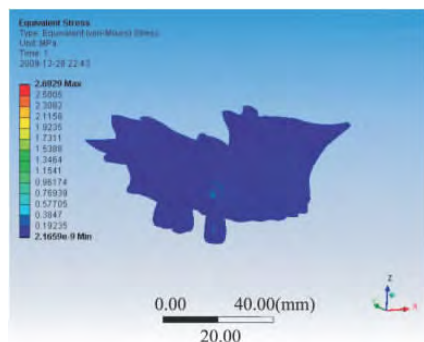


图8 模型1常规状态下尖牙移动时等效应力分布情况

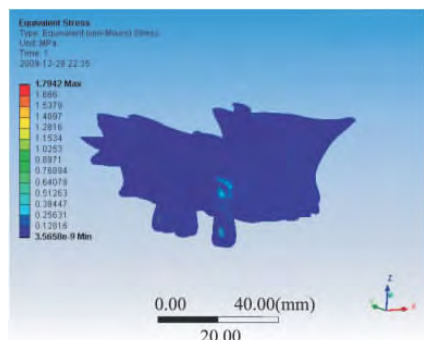


图9 模型2模拟牙周膜减阻牵张成骨手术后尖牙移动时等效应力分布情况

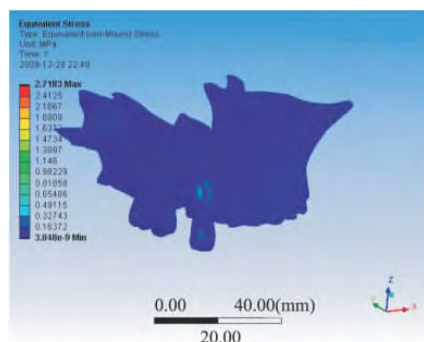


图10 模型3模拟牙槽骨减阻牵张成骨术后尖牙移动时等效应力分布情况

2.3 不同工况下最大主应力比较 最大主应力反映材料内部各点的最大可拉伸应力。3种模型最大主应力均位于第一磨牙腭面中1/3处,模型1最大主应力为0.919 27 MPa,模型2为0.935 68 MPa,模型3为1.605 2 MPa。

2.4 3种模型剪切应力比较 应力相切于截面的分量为剪切应力。3种模型最大剪切应力均位于尖牙远中牙槽嵴处,在尖牙和第一磨牙腭侧中1/3、第一前磨牙牙根尖1/3处均受到了较强的剪切应力。模型1最大剪切应力为1.473 3 MPa,模型2最大剪切应力为1.474 3 MPa,模型3最大剪切应力为0.994 62 MPa。

3 讨论

1998年 Liou et al^[2]在临床治疗中首次将骨牵张和骨缝牵张成骨技术的原理应用到了牙周膜中,此次试验首次提出了“牙周膜牵张成骨”的概念。2002年 Kisinici et al^[3]在 Liou 的基础上提出了“牙槽骨牵张(dentoalveolar distraction, DAD)快速移动尖牙”的技术。为深入剖析3种方法后远移尖牙的生物力学特点,本文引入了三维有限元分析法进行分析。

本实验研究显示在力的加载下,3种模型尖牙的最大等效应力和剪切应力集中区都在尖牙远中牙槽嵴处,此处产生牙槽骨的吸收、沉积、改建,从而产生远中移位。模型2和模型3尖牙最大瞬时位移量均大于模型1,提示在相同的大小、相同作用时间的力作用下,“牙周膜牵张”与“DAD”方法都可加大尖牙移动量,且“牙周膜牵张”效果更佳,这与国内外的研究^[2,14-15]相一致。

需要移动的牙齿被施加矫治力的时候,一个大小相等、方向相反的反作用力就会同时产生,而承受这些反作用力的结构就称为“支抗”。支抗磨牙在远移尖牙过程中容易前移,这是临床中应尽可能避免的情况。本研究模拟减阻牵张技术过程中的牙移动情况,发现应用该技术可有效避免远移尖牙过程中的磨牙前移,即在治疗过程中可以有效保护支抗,这与临床研究、动物模型一致^[2,14]。Allgayer et al^[16]对“牙周膜牵张成骨”术后的1例患者进行了2年随访,结果显示美学效果和咬合稳定性俱佳。马文盛^[15]研究发现,对动物模型进行牙槽骨减阻牙周膜牵张、DAD、拔牙固定矫治三者间差异无统计学意义。

而3种模型最大瞬时位移量从尖牙牙冠到根尖均逐渐减少,提示尖牙受力初牙冠远中移动量更大,尖牙有远中倾斜趋势;在尖牙牙颈部牙槽骨存在应力集中区,从而引起不良的牙槽骨吸收。在临床研

研究中也发现此类现象:牙周膜牵张成骨术后, Liou et al^[2]从临床和影像分析认为部分尖牙出现轻度倾斜; Sayin et al^[4]测量发现尖牙远中倾斜 11.47°。牙槽骨牵张后, Sukurica et al^[6]报道尖牙倾斜为 9.1°; 马文盛^[15]报道为 12.2°。为了防止尖牙因为支点的存在而倾斜,在临床手术的过程中应充分去除牙槽间隔的阻力;同时为了防止或减少尖牙的倾斜移动,临床上应尽量使连接杆的高度接近移动牙的阻力中心^[15]。

云图显示 3 种模型第二前磨牙根尖 1/3、尖牙根中 1/3 均出现应力集中区。吕涛等^[17]在观察研究犬科动物模型的时候发现:牙周膜牵张牙根吸收程度比传统牙移动要严重很多,不过在停止加力后牙根吸收会进行牙骨质修复。赵玺等^[11]在研究减阻牵张成骨术后下颌牙的等效力时,发现尖牙向远中移动的同时有舌向旋转的趋势;马文盛^[15]于临床研究发现尖牙有 18.53°的近中颊向旋转。本研究中未发现类似现象。

综上所述,“牙周膜减阻”和“牙槽骨减阻”具有牙移动速度快和支抗丧失少等优点,但在临床应用中应注意控制牙倾斜移动,严格把握适应症,结合患者实际情况选择最佳诊疗方式。

但本研究存在部分局限性。在研究对象方面,骨骼、牙齿和牙周组织都是各向异性的非线性材料,本研究将各种材料均视为各向同性的均质弹性体;在模拟受力方面,三维有限元加载于尖牙处是瞬时作用力,而在实际治疗中,牙齿移动所受的是一个持续的力。为使得三维有限元法能更好地模拟生物状况,得出更为准确的数据,还有待进一步研究。

参考文献

- [1] Hasler R, Schmid G, Ingervall B, et al. A clinical comparison of the rate of maxillary canine retraction into healed and recent extraction sites—a pilot study[J]. *Eur J Orthod*, 1997, 19(6):711–9.
- [2] Liou E J, Huang C S. Rapid canine retraction through distraction of the periodontal ligament[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1998, 114(4):372–82.
- [3] Kisnisci R S, Iseri H, Tuz H H, et al. Dentoalveolar distraction osteogenesis for rapid orthodontic canine retraction[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2002, 60(4):389–94.
- [4] Sayin S, Bengi A O, Gurton A U, et al. Rapid canine distalization using distraction of the periodontal ligament: a preliminary clinical validation of the original technique[J]. *Angle Orthod*, 2004, 74(3):304–15.
- [5] Iseri H, Kisnisci R, Bzizi N, et al. Rapid canine retraction and orthodontic treatment with dentoalveolar distraction osteogenesis[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2005, 127(5):533–41.
- [6] Sukurica Y, Karaman A, Gurel H G, et al. Rapid canine distalization through segmental alveolar distraction osteogenesis[J]. *Angle Orthod*, 2007, 77(2):226–36.
- [7] Kurt G, Iseri H, Kisnisci R. Rapid tooth movement and orthodontic treatment using dentoalveolar distraction (DAD). Long-term (5 years) follow-up of a Class II case[J]. *Angle Orthod*, 2010, 80(3):597–606.
- [8] Kharkar V R, Kotrashetti S M. Transport dentoalveolar distraction osteogenesis-assisted rapid orthodontic canine retraction[J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2010, 109(5):687–93.
- [9] Prabhat K C, Maheshwari S, Gupta N D, et al. Periodontal ligament distraction: A simplified approach for rapid canine retraction[J]. *J Indian Soc Periodontol*, 2012, 16(1):123–5.
- [10] Long H, Pyakurel U, Wang Y, et al. Interventions for accelerating orthodontic tooth movement: a systematic review[J]. *Angle Orthod*, 2013, 83(1):164–71.
- [11] 赵玺, 薛俊杰, 米丛波. 减阻牵张成骨术快速移动尖牙的三维有限元分析[J]. *中华医学美容美容杂志*, 2012, 18(4):294–7.
- [12] Wagner A, Krach W, Schicho K, et al. A 3-dimensional finite element analysis investigating the biomechanical behavior of the mandible and plate osteosynthesis in cases of fractures of the condylar process[J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2002, 94(6):678–86.
- [13] Chang Y I, Shin S J, Baek S H. Three-dimensional finite element analysis in distal en masse movement of the maxillary dentition with the multiloop edgewise archwire[J]. *Eur J Orthod*, 2004, 26(3):339–45.
- [14] 龚昕, 袁晓, 稽国平, 等. 牙间隔骨外科改建加速尖牙移动的临床效果评价[J]. *口腔医学*, 2004, 24(3):151–4.
- [15] 马文盛. 牵张成骨快速正畸牙齿移动的实验与应用研究[D]. 河北医科大学, 2009.
- [16] Allgayer S, Rosenbach G, Tavares C A, et al. Periodontal ligament distraction: esthetics and occlusal stability at the 2-year follow-up[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2013, 143(4):535–46.
- [17] 吕涛. 牙周膜牵张快速牙移动的实验研究[D]. 四川大学, 2006.

CHOP/GADD153 在食管鳞状细胞癌中的表达及临床意义

陈海¹ 吴勇² 于在诚¹ 汪渊³

摘要 目的 探讨内质网应激相关蛋白 CHOP/GADD153 在食管鳞状细胞癌中的表达及临床意义,并分析其与临床病理特征的关系。方法 食管鳞状细胞癌组织及距癌组织 5 cm 以上的手术远端切缘的食管鳞状上皮组织各 87 例,应用组织芯片、免疫组化法及 Western blot 法检测 CHOP/GADD153 蛋白的表达,并分析其表达与患者性别、年龄、分化程度、浸润深度、病理分期及淋巴转移等临床病理特征之间的关系。结果 食管鳞状细胞癌组织中 CHOP/GADD153 的表达在蛋

白水平明显高于食管正常鳞状上皮组织 ($P < 0.01$),且其高表达与食管鳞状细胞癌的浸润深度、分化程度、病理分期及淋巴转移密切相关 ($P < 0.01$),而与患者性别及年龄无关。结论 CHOP/GADD153 参与食管鳞状细胞癌的发生、发展,其表达水平随着食管鳞状细胞癌组织恶性程度的增高而增高,可能作为衡量食管鳞状细胞癌恶性程度的一种有潜在价值的分子标志物。

关键词 内质网应激;CCAAT 增加子结合蛋白;食管肿瘤;鳞状细胞癌

中图分类号 R 735.1

文献标志码 A 文章编号 1000-1492(2014)08-1136-05

2014-03-20 接收

基金项目:国家自然科学基金(编号:812772399)

作者单位:¹安徽医科大学第一附属医院普胸外科,合肥 230022

²淮南新华医疗集团北方医院普胸外科,淮南 232082

³安徽医科大学分子生物学实验室,省部共建重要遗传病基因资源利用重点实验室,合肥 230032

作者简介:陈海,男,医师,硕士研究生;

于在诚,男,主任医师,教授,硕士生导师,责任作者,E-mail:yuzaicheng@tom.com;

汪渊,男,教授,博士生导师,责任作者,E-mail:aydesm-1@163.com

食管癌是我国常见的恶性肿瘤之一,尽管内镜检查能够发现部分早期病变患者,但是大部分患者确诊即是中晚期,预后差^[1]。CHOP/GADD153,又称 CCAAT 增强子结合蛋白(CCAAT enhancer binding protein, C/EBP ξ)、DNA 损伤诱导转录因子 3 (DNA damage inducible transcript 3, DDIT3),属于

Three-dimensional finite element analysis of rapid tooth movement through reducing resistance and distraction

Liang Zhihong¹, Xue Junjie^{2,3}, Wang Hongjun¹

(¹Prophylactico-therapeutic Institution of Hongkou District, Shanghai 200081; ²Dept of Orthodontics, State Key Laboratory of Oral Disease, West China Hospital of Stomatology, Chengdu 610041; ³Dept of Orthodontics, The First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830000)

Abstract Objective This research used three-dimensional finite element analysis to compare the canine distal movement and forced distribution of teeth and periodontal tissue in three ways. **Methods** This research established three-dimensional finite element models under the conventional condition to move the canine (model 1), rapid canine movement through distracting osteogenesis of the periodontal ligament (model 2), rapid canine movement through reducing resistance and distracting method (model 3), then carried strength on buccal and palatal sides of teeth. **Results** The biggest displacement quantity on canine: model 2 > model 3 > model 1; the biggest equivalent stress: model 2 < model 1 < model 3; the biggest principal stress: model 1 < model 2 < model 3; the biggest shear stress: model 2 < model 1 < model 3. **Conclusion** In the process of canine distal movement, reducing bone resistance, especially distal alveolar crest of canine, can accelerate the tooth moving speed effectively. And the two ways successfully avoid the loss of anchorage. While, the canine has distal motion tendency under the action of force, doctors should take appropriate measures to control it in clinical work.

Key words distraction osteogenesis; three-dimensional finite element; malocclusion; tooth movement