

◇技术与方法◇

微型种植体周围应力分布的三维有限元分析

许 诺¹ 柯 杰² 赵桂芝² 陈 琳³ 吴映燕⁴

摘要 建立包括第一、二前磨牙及牙周膜、骨皮质和骨松质的三维有限元模型,将微型种植体植入两颗牙齿之间的牙槽骨中,当微植体负载时,周围组织会产生额外的应力,改变微植体位置和角度能影响到邻近牙齿牙周膜的应力变化。当微植体向第二前磨牙移动时,第二前磨牙牙周膜应力按比例增加,第一前磨牙牙周膜应力按比例减小。当微植体向第一前磨牙倾斜时,第一前磨牙牙周膜应力增加,第二前磨牙牙周膜应力相应减小。

关键词 有限元; 应力; 微型种植体

中图分类号 R 783.5

文献标志码 A **文章编号** 1000-1492(2015)02-0244-03

正畸治疗需要将牙齿移动到预定位置,但很多因素导致了不希望的支抗牙移动,即“丢支抗”。微型种植体为正畸治疗提供了可靠的支抗保障^[1-3]。微型种植体植入牙槽骨并负载后会对周围组织产生应力,极端情况下这种应力会不会使牙齿产生移动呢?目前,尚缺乏微植体负载时周围组织应力情况的相关报道。该实验应用三维有限元法^[5-8]探讨了微植体植入牙槽骨后周围组织的应力变化及分布特征。

1 材料与方法

1.1 材料 采用左凯等^[9]建模方法,利用 Solid-Works 2007 软件和 Ansys Workbench 12.0 有限元分析软件,建立微型种植体和下颌第一、二前磨牙的三维有限元模型,包含牙周膜、骨皮质和骨松质。在模型中对各组织赋予不同的性质,牙齿的牙周膜厚度为均匀的 0.25 mm。将微型种植体植入下颌第一、二前磨牙之间的牙槽骨中,距牙槽嵴顶 5 mm,当微植体移动或倾斜时,观察其周围压力的变化。在此

基础上,分为 5 个模型进行研究。模型 1:微植体垂直植入下颌第一、二前磨牙之间的颊侧牙槽骨内,与每颗牙齿的距离相等。模型 2:微植体垂直植入骨表面,但是与模型 1 相比,向第二前磨牙移动了 0.5 mm。模型 3:微植体垂直植入骨表面,与模型 1 相比,向第二前磨牙移动了 1 mm。模型 4:微植体植入部位与模型 1 相同,但向第一前磨牙的牙体长轴倾斜 10°。模型 5:微植体植入部位与模型 1 相同,但向第一前磨牙的牙体长轴倾斜 20°。见图 1。

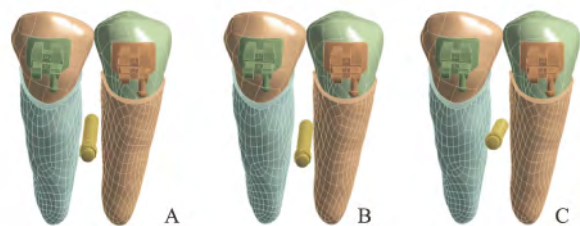


图 1 微型种植体植入示意图

A: 模型 1,微植体植入第一、二前磨牙的中点; B: 模型 3,微植体向第二前磨牙移动 1.0 mm; C: 模型 5,微植体向第一前磨牙倾斜 20°

1.2 载荷条件 微植体加载 200 g 的力量。没有直接的力量作用于第一、二前磨牙。

1.3 分析指标 将第一、二前磨牙牙体长轴与微植体的长轴连接成为 1 个薄层断面。测量前磨牙的牙周膜 Von Mises 应力。应力的测量定位点为每颗牙齿从牙槽嵴到牙根尖的 6 个点。

2 结果

第一、二前磨牙牙周膜 Von Mises 应力分布示意图见图 2。牙槽窝壁牙周膜测量位点见图 3,各点的应力值见表 1,应力变化线表见图 4。

第一前磨牙:微植体垂直植入且与两牙的距离相等时,在牙槽嵴顶应力为 0.049 MPa,在牙根尖应力为 0.002 MPa。当微植体向第二前磨牙移动 0.5 mm 和 1.0 mm,没有任何角度改变,在牙槽嵴顶应力减小到 0.046 MPa 和 0.032 MPa,在牙根尖点处应力仍然为 0.002 MPa。

微植体与第一前磨牙呈 10° 倾斜植入时,在牙

2014-10-21 接收

基金项目: 中国博士后科学基金面上资助(编号: 2012M512141)

作者单位: ¹合肥市口腔医院,合肥 230001

²北京空军总医院口腔科,北京 100036

³北京武警总医院口腔科,北京 100039

⁴安徽医学高等专科学校口腔系,合肥 230032

作者简介: 许 诺,男,硕士研究生;

赵桂芝,女,教授,主任医师,硕士生导师,责任作者, E-mail: zhaoyishi1980@163.com

表1 微植体不同位置和角度植入时前磨牙各测量位点 Von Mises 应力值(MPa)

项目	模型1		模型2		模型3		模型4		模型5		
	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	
牙槽嵴顶	1	0.049	0.093	0.046	0.101	0.036	0.144	0.055	0.074	0.067	0.061
	2	0.048	0.072	0.042	0.065	0.032	0.077	0.053	0.060	0.056	0.045
	3	0.025	0.027	0.024	0.030	0.022	0.022	0.025	0.026	0.028	0.019
	4	0.010	0.011	0.010	0.012	0.009	0.009	0.012	0.011	0.011	0.008
	5	0.006	0.006	0.005	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004	0.005
根尖点	6	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002



图2 模型2 第一前磨牙远中、第二前磨牙近中 Von Mises 应力分布

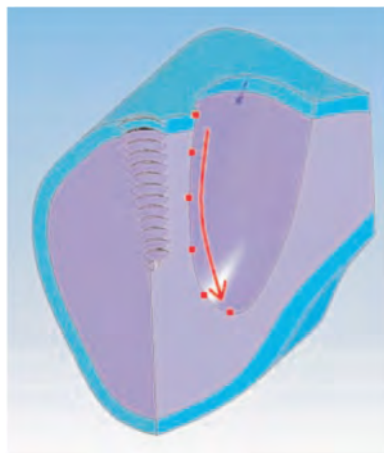


图3 牙槽窝从牙槽嵴顶到根尖处选取6个点示意图

槽嵴顶应力增加到 0.053 MPa,在根尖点处应力值接近 0.002 MPa,与模型1 根尖点相同。当微植体呈 20°倾斜植入时,在牙槽嵴顶应力为 0.067 MPa,在根尖处为 0.002 MPa。

第二前磨牙:微植体在中心位置、向第二前磨牙移动 0.5 mm 和 1.0 mm 时,在牙槽嵴顶应力分别为 0.093、1.101 和 1.144 MPa,呈增加趋势;在牙根尖应力为 0.001、0.002 MPa。

微植体向第一前磨牙倾斜 10°时,牙槽嵴顶应力减小到 0.074 MPa,在根尖点处应力为 0.001 MPa。倾斜 20°时,牙槽嵴顶应力为 0.061 MPa,根尖点处应力有轻微的增加,但近似为 0.002 MPa。

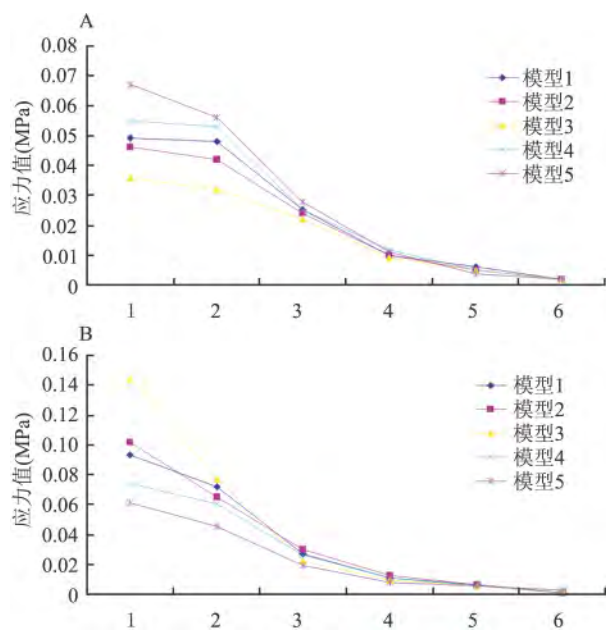


图4 Von Mises 应力变化

A: 第一前磨牙; B: 第二前磨牙; 1~6: 从牙槽嵴到根尖处选取的6个点

3 讨论

目前的研究中,三维有限元很少涉及微型种植体支抗负载时对周围组织产生应力的情况,大部分都是分析牙齿的移动状况。本研究显示,当微植体在不同植入部位和角度负载时,能够对周围组织(包括其周围的牙体硬组织和牙周膜)产生不同的应力变化。

本研究首次对微植体植入后周围组织产生的应力情况进行了测量分析。微植体植入牙槽骨,当其负载时会传递给周围组织一定的应力^[10]。研究表明当微植体向第二前磨牙移动或向第一前磨牙倾斜时,下颌第一、二前磨牙牙周膜应力会发生变化。当微植体向第二前磨牙移动时,其应力增加,同时第一前磨牙应力减小。当微植体向第一前磨牙倾斜呈角度植入时,第一前磨牙应力增加,同时第二前磨牙应力减小。

微植体周围的组织健康尤其是牙周膜的健康对于正畸治疗非常重要^[11] ,如果微植体植入位置的细微变化能够影响周围牙齿所受到的应力 ,那么当其负载时就会影响到周围牙周膜的应力分布 ,虽然牙周膜应力并不完全孤立地产生于微植体的负载。微植体的负载越大则对周围组织形成的应力越大 ,就有可能发生不希望的牙齿移动 ,极端情况下可能会产生肉眼发现不了的病理学改变。在使用微型种植体时 ,应该确保其载荷在正常范围内^[12] ,这样对周围组织产生的应力能够被控制 ,同时植入时不能造成牙周膜的穿孔 ,这就要求尽量将其植入厚的、健康的牙槽骨中。有些情况下微型种植体必须植入很靠近牙周膜的位置 ,这时应当让其加载轻微的力量。

本实验研究表明 ,微植体越靠近牙齿 ,其牙周膜应力增加。当微植体向第二前磨牙移动 1.0 mm 时 ,下颌第二前磨牙牙槽嵴顶区域应力增加了 55% ;当微植体向第一前磨牙倾斜 20° 时 ,第一前磨牙牙槽窝有 37% 的应力增加。微植体植入位置和角度的变化使牙周膜 Von Mises 应力相应地变化 ,应力变化曲线图显示当微植体位置改变时 ,越靠近牙齿其牙周膜应力比微植体向牙齿倾斜其应力增加更多。本研究显示两颗前磨牙的根尖区域应力受到微植体的影响很小 ,建议微植体植入位置更靠近根尖处 ,远离牙槽嵴顶。

参考文献

[1] Wiechmann D , Meyer U , Büchter A. Success rate of mini- and micro-implants used for orthodontic anchorage: a prospective clinical study [J]. *Clin Oral Implants Res* 2007 , 18(2) : 263 - 7.

[2] Chatzigianni A , Keilig L , Reimann S , et al. Effect of mini-implant length and diameter on primary stability under loading with two force levels [J]. *Eur J Orthod* 2011 , 33(4) : 381 - 7.

[3] Baumgaertel S. Cortical bone thickness and bone depth of the posterior palatal alveolar process for mini-implant insertion in adults [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011 , 140(6) : 806 - 11.

[4] Hoste S , Vercruyssen M , Quirynen M , et al. Risk factors and indications of orthodontic temporary anchorage devices: a literature review [J]. *Aust Orthod J* , 2008 24(2) : 140 - 8.

[5] 单丽华 , 董福生 , 宫伟伟 , 等. 微型种植体下颌骨三维有限元模型的建立 [J]. *现代口腔医学杂志* 2010 24(6) : 425 - 8.

[6] Motoyoshi M , Yano S , Tsuruoka T , et al. Biomechanical effect of abutment on stability of orthodontic mini-implant. A finite element analysis [J]. *Clin Oral Implants Res* 2005 , 16(4) : 480 - 5.

[7] Woodall N , Tadepalli S C , Qian F , et al. Effect of miniscrew angulation on anchorage resistance [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011 , 139(2) : e147 - 52.

[8] Ammar H H , Ngan P , Crout R J , et al. Three-dimensional modeling and finite element analysis in treatment planning for orthodontic tooth movement [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011 , 139(1) : e59 - 71.

[9] 左凯柯 , 杰赵桂芝 , 等. 滑动法关闭下颌第一磨牙拔牙间隙三维有限元模型的建立及验证 [J]. *牙体牙髓牙周病学杂志* 2013 23(5) : 319 - 22 , 348.

[10] Al-Suleiman M , Shehadah M. A 3D placement guide for orthodontic mini-implants [J]. *Orthodontics (Chic.)* , 2011 , 12(1) : 28 - 37.

[11] Baumgaertel S. Cortical bone thickness and bone depth of the posterior palatal alveolar process for mini-implant insertion in adults [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011 , 140(6) : 806 - 11.

[12] Crismani A G , Bertl M H , Celar A G , et al. Miniscrews in orthodontic treatment: review and analysis of published clinical trials [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010 , 137(1) : 108 - 13.

Stresses around the miniscrew by three-dimensional finite element analysis

Xu Nuo¹ , Ke Jie² , Zhao Guizhi² , et al

(¹Hefei Stomatology Hospital Hefei 230001; ²Dept of Stomatology Air Force General Hospital Beijing 100036)

Abstract Establish the dimensional finite element model ,including the lower first and second premolars ,alveolar bone and periodontal menbrane. A miniscrew was inserted between the lower first and second premolars. Changes in the position or angulation of a miniscrew could affect the stress in the socket walls of the adjacent teeth. This stress increased proportionally in the second premolar socket as the miniscrew was moved towards the second premolar and declined when the miniscrew was tipped towards the first premolar.

Key words finite element; stress; miniscrew