

[文章编号] 1000-1182(2006)01-0086-03

# 双皮层骨种植影响牙种植体稳定性的有限元固有频率研究

汪 昆<sup>1</sup>, 李德华<sup>2</sup>, 周继祥<sup>1</sup>, 张从纪<sup>1</sup>, 刘宝林<sup>2</sup>, 李玉龙<sup>3</sup>

( 1.第三军医大学西南医院 口腔科, 重庆 400038; 2.第四军医大学秦都口腔医院 种植科, 陕西 西安 710032; 3.西北工业大学 飞机工程系, 陕西 西安 710072)

[摘要] 目的 用有限元方法研究双皮层骨种植对牙种植体初期稳定性的影响。方法 建立牙种植体和局部下颌骨块三维有限元模型, 利用 ABAQUS 有限元软件, 分析双皮层骨种植对种植体颊舌向和轴向一阶振动固有频率的影响。结果 双皮层骨种植可明显提高种植体颊舌向和轴向振动的固有频率值, 且随着种植体穿颊侧皮质骨厚度的增加, 固有频率值逐渐增加。结论 双皮层骨种植可明显增加种植体颊舌向和轴向的初期稳定性。

[关键词] 牙种植体; 三维有限元; 共振频率分析

[中图分类号] R781.05 [文献标识码] A

Influence of Bicortical Anchorage on the Natural Frequencies of Dental Implant WANG Kun<sup>1</sup>, LI De-hua<sup>2</sup>, ZHOU Ji-xiang<sup>1</sup>, ZHANG Cong-ji<sup>1</sup>, LIU Bao-lin<sup>2</sup>, LI Yu-long<sup>3</sup>. ( 1. Dept. of Dentistry, Southwest Hospital, The Third Military Medical University, Chongqing 400038, China; 2. Dept. of Oral Implantology, Qindu Stomatological Hospital, The Fourth Military Medical University, Xi'an 710032, China; 3. Dept. of Aircraft Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

[Abstract] Objective To investigate The influences of bicortical anchorage on values of natural frequencies of dental implants utilizing the 3-dimensional finite element analysis. Methods Using the commercial code of Solidworks, 3-D models of a screw-shaped dental implant and a mandibular bone segment were generated. After the 3-D implant-bone complex was meshed by ABAQUS software, effects of bicortical anchorage on the buccolingual and axial first-order natural frequencies of the implant were computed. Results Bicortical anchorage increased both the buccolingual and axial natural frequencies remarkably. As the bicortical anchorage got deeper, the frequencies correspondingly got higher. Conclusion Bicortical anchorage can increase the buccolingual and axial primary stability of dental implants.

[Key words] dental implant; three-dimensional finite element; resonance frequency analysis

牙种植体即刻负载是现今口腔种植学领域研究和应用的重点, 目前认为种植体的初期稳定性是影响即刻负载种植体获得骨结合的重要因素<sup>[1-3]</sup>。除颌骨质量、种植体设计类型与种植体初期稳定性密切相关外, 外科植入技术也是不能忽视的影响初期稳定性的因素, Ivanoff 等<sup>[4]</sup>认为适当偏颊或舌侧植入种植体, 利用颊侧或舌侧皮质骨可实现双皮层骨种植, 这样有利于增加种植体的初期稳定性。虽然这种种植方法已在临床上得到一定的应用, 但多为经验性总结, 目前对其增加稳定性的确切作用尚未见

有基础理论研究。本实验以种植体一阶振动固有频率为稳定性的评价指标, 采用有限元分析方法, 研究上述双皮层骨种植方法对种植体初期稳定性的影响, 为临床即刻负载提供理论依据。所谓一阶振动是指种植体颊舌向(水平向)振动时, 出现最低固有频率的振动, 此时振动的振形最简单, 为简单的弯曲, 可理解为敲击种植体基台上端时产生的弯曲振动, 本文所提及的固有频率均指的是一阶振动固有频率。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验设备

自行组装的计算机, CPU2.8 G, 内存 1.0 G。SolidWorks 制图软件 (SolidWorks 公司, 美国),

[收稿日期] 2005-03-14; [修回日期] 2005-12-05

[作者简介] 汪 昆 (1976-), 男, 陕西人, 硕士, 现在第三军医大学西南医院口腔科工作

[通讯作者] 汪 昆, Tel: 023-66775342

ABAQUS有限元软件 HKS公司, 美国)。

## 1.2 种植体有限元模型的建立

### 1.2.1 绘制牙种植体和下颌骨骨块三维模型

利用 SolidWorks 绘图软件, 绘制出牙种植体和下颌骨局部骨块三维立体几何模型。种植体的形态与尺寸参照第四军医大学口腔医学院研制的 MDIC 螺纹型牙种植体, 具体为种植体直径 5.0 mm、长 11.0 mm、“V”型螺纹、螺距 0.7 mm, 牙种植体模型上部基台简化为直径 5.5 mm、高 3.0 mm 的圆柱体 (图 1)。下颌骨立方骨块尺寸是近远中为 10 mm、高度为 15 mm、颊舌向为 10 mm, 骨块颊舌和上下 4 个外表面画出皮质骨层, 骨块中绘制出容纳种植体的种植窝 (图 1)。

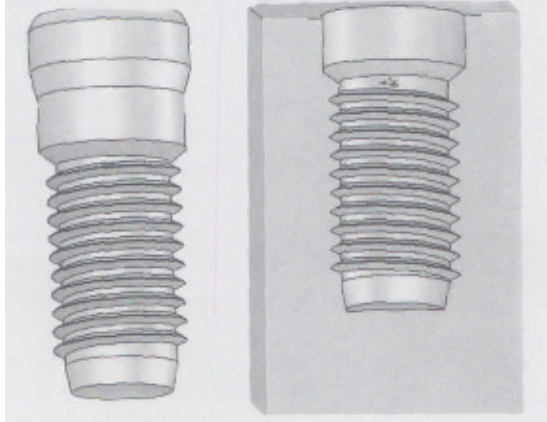


图 1 种植体实体模型 (左); 骨块实体半剖模型 (右)

Fig 1 3-D model of the implant(left); 3-D model of the bone segment (right)

### 1.2.2 不同级别双皮质骨种植模拟

参照 Huang 等<sup>[9]</sup>的模型, 模拟临床上常用于即刻负载的 I 类骨质, 模型 4 个外表面皮质骨厚度为 1.5 mm。本实验通过将种植体向骨块颊侧移位实现双皮质骨种植。根据穿颊侧皮质骨厚度的不同, 将双皮质骨种植分为 3 类, 即种植体向颊侧移位至恰好接触颊侧皮质骨、种植体穿入颊侧皮质骨 0.5 mm 和穿入颊侧皮质骨 1.0 mm。将种植体植于骨块正中央, 即不接触颊侧或舌侧皮质骨的模型作为对照。

### 1.2.3 装配实体模型和模型分元

将生成的种植体、骨块模型文件导入 ABAQUS 有限元软件, 装配种植体和骨块。利用该软件自动划分功能进行种植体、局部骨块的单元划分, 整个模型采用四面体单元划分。

### 1.2.4 材料力学参数

材料力学参数引自 Huang 等<sup>[9]</sup>的有限元模型, 具体见表 1。

### 1.2.5 实验假设及边界条件

模型中种植体和骨组织假设为连续、均质和各向同性的线弹性材料。种植体骨界面定义为摩擦接触以模拟种植体植入初期的界面状态, 即界面单元在外力作用下允许相对滑

动, 摩擦系数  $\mu=0.3$ <sup>[9]</sup>, 下颌骨局部骨块颊舌面及骨块底面给予刚性约束。

Tab 1 Mechanical properties of the finite element models

材料类型	密度 g/cm <sup>3</sup>	弹性模量 GPa)	泊松比
皮质骨	2	10	0.309
松质骨	1	0.25	0.225
纯钛	4.5	103	0.340

## 1.3 固有频率分析

选定种植体颊舌向和轴向的一阶固有频率作为研究指标, 其中颊舌向固有频率即为目前临床上共振频率法测量的种植体共振频率<sup>[9]</sup>。

## 2 结果

有限元固有频率结果见表 2。图 2 为种植体颊舌向一阶弯曲振动模态图。由表 2 可见随着种植体穿颊侧皮质骨厚度的增加, 颊舌向和轴向固有频率逐渐增加, 与对照模型相比, 种植体恰好接触皮质骨模型、穿颊侧皮质骨 0.5 mm 模型、穿颊侧皮质骨 1.0 mm 模型颊舌向固有频率分别增加了 4.15%、22.42%、30.15%, 轴向固有频率分别增加了 7.62%、21.07%、30.93%。不同皮质骨种植下种植体的颊舌向和轴向振动固有频率 (Hz)

Tab 2 Buccolingual and axial first-order natural frequencies of the implant under different bicortical anchorage types (Hz)

固有频率类型	未穿皮质骨	接触皮质骨	穿颊侧皮质骨 0.5 mm	穿颊侧皮质骨 1.0 mm
颊舌向	25 040	26 078	30 654	32 589
轴 向	16 188	17 432	19 744	21 211

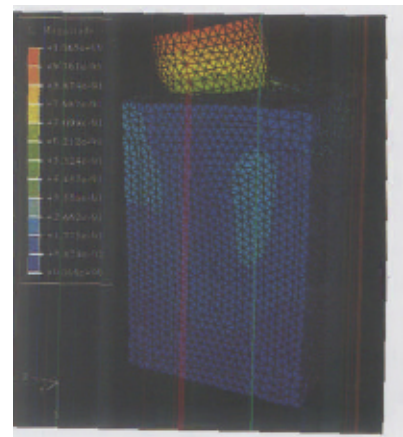


图 2 种植体颊舌向一阶弯曲振动

Fig 2 The buccolingually bending mode of the bone-implant complex

### 3 讨论

共振频率分析 (resonance frequency analysis, RFA) 利用物理上的共振原理来测量种植体在牙槽骨内的固有频率, 进而揭示种植体的稳定性, 固有频率值越大, 则种植体的稳定性越好。大量研究发现 RFA 可定量测量种植体的稳定性, 是目前最为理想的稳定性评价方法。Meredith 等<sup>[7]</sup>证实骨质类型是影响 RFA 值的主要因素, 另外有效长度 (种植体上部测量用基台长度加种植体植入后颈部牙槽嵴水平性吸收的量) 也可负向影响 RFA 值。本研究采用理论力学的方法研究种植体植入初期的固有频率, 发现在有效长度和骨质类型不变的情况下, 改变种植体植入位置, 使其向颊侧移位, 实现双皮层骨种植可明显增加种植体颊舌向和轴向固有频率。而且随着穿皮质骨厚度的增加, 种植体两个方向上的稳定性均相应逐渐增加。穿颊侧皮质骨 0.5 mm 使两个方向上的固有频率增加值均超过了 20%, 穿颊侧皮质骨 1 mm 则超过了 30%。从物体振动的物理学角度看, 种植体的固有频率分多种形式, 其中颊舌向振动的固有频率反映的是种植体水平向的稳定性, 轴向固有频率反映的是其轴向稳定性。因此, 本实验不仅证实该外科植入方法增加种植体初期稳定性, 而且也证实该法可同时增加种植体两个方向上的稳定性。

临床上种植体颊侧或舌侧向穿皮质骨的量受到皮质骨板厚度、咬合设计原则等限制, 不能无限制

增加种植体穿颊侧或舌侧皮质骨的厚度, 因此该方法增加稳定性有限度。应结合种植区局部骨床解剖条件、咬合情况等适度采用双皮层骨种植。临床上采用的大直径种植体可在正常植入或较小量颊侧或舌侧移位情况下实现双皮层骨种植, 因此不会因种植体过度移位而违反种植义齿咬合设计原则, 在增加初期稳定性的同时又不影响种植体的长期效果。

### [参考文献]

- [1] Morton D, Jaffin R, Weber HP. Immediate restoration and loading of dental implants: Clinical considerations and protocols [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2004, 19:103-108.
- [2] Aparicio C, Rangert B, Sennerby L. Immediate/early loading of dental implants: A report from the Sociedad Espanola de Implantes World Congress consensus meeting in Barcelona, Spain, 2002, [J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2003, 6 (1): 57-60.
- [3] Gapski R, Wang HL, Mascarenhas P, et al. Critical review of immediate implant loading[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2003, 14 (5): 515-527.
- [4] Ivansson CJ, Sennerby L, Johansson C, et al. Influence of implant diameters on the integration of screw implants: An experimental study in rabbits[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 1997, 26 (2): 141-148.
- [5] Huang HM, Lee SY, Yeh CY, et al. Resonance frequency assessment of dental implant stability with various bone qualities: A numerical approach[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2002, 13 (1): 65-74.
- [6] Mellal A, Wiskott HW, Botsis J, et al. Stimulating effect of implant loading on surrounding bone: Comparison of three numerical models and validation by in vivo data[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2004, 16 (2): 239-248.
- [7] Meredith N, Shagaldi F, Alleyne D, et al. The application of

(上接第 85 页)

- [2] Ship JA, Eisbruch AE, Hondt ED, et al. Parotid sparing study in head and neck cancer patients receiving bilateral radiation therapy: 1 year results [J]. *J Dent Res*, 1997, 76 (3): 807-813.
- [3] Nagler RM, Baum BJ, Fox PC. Effects of X irradiation on the function of rat salivary glands at 3 and 40 days[J]. *Radiat Res*, 1993, 136 (3): 392-396.
- [4] Wang SL, Li J, Zhu XZ, et al. Salographic characterization of the normal parotid gland of the miniature pig[J]. *Dentomaxillofac Radiol*, 1998, 27 (3): 178-181.
- [5] Radfar L, Srois DA. Structural and functional injury in minipig salivary glands following fractionated exposure to 70 Gy of ionizing radiation: An animal model for human radiation-induced salivary gland injury[J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2003, 96 (3): 267-274.
- [6] Sreaton NJ, Coxson HO, Kalloger SE, et al. Detection of lung perfusion abnormalities using computed tomography in a porcine model of pulmonary embolism [J]. *J Thorac Imaging*, 2003, 18 (1): 14-20.
- [7] Li J, Zheng CY, Zhang X, et al. Developing a convenient large

- animal model for gene transfer to salivary glands in vivo[J]. *J Gene Med*, 2004, 6 (1): 55-63.
- [8] Shan ZC, Li J, Zheng C, et al. Increased fluid secretion after adenoviral-mediated transfer of the human aquaporin-1 cDNA to irradiated miniature pig parotid glands [J]. *Mol Ther*, 2005, 11 (3): 444-451.
- [9] Eisbruch AE, Haken RKT, Kim HM, et al. Dose, volume, and function relationships in parotid salivary glands following conformal and intensity-modulated irradiation of head and neck cancer[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 1999, 46 (3): 577-587.
- [10] Busuttil A. Irradiation-induced changes in human salivary glands [J]. *Clin Otolaryngol*, 1977, 2 (3): 199-206.
- [11] Chaushu G, Dori S, Sela BA, et al. Salivary flow dynamics after parotid surgery: A preliminary report[J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2001, 124 (3): 270-273.
- [12] Cuning DM, Lipke N, Wax MK. Significance of unilateral submandibular gland excision on salivary flow in noncancer patients[J]. *Laryngoscope*, 1998, 108 (6): 812-815.

(本文编辑 汤亚玲)