论著

文章编号:1000-5404(2005)23-2348-03

螺纹形态对牙种植体初期稳定性影响的有限元研究

汪 昆[1],李德华[2],周继祥[1],杨 军[1],史文进[1],张从纪[1],李玉龙[3] ([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口腔种植科,西安 710032;[3]西北工业大学飞机工程系,西安 710072)

提 要:目的 用有限元方法研究V型、矩型和锯齿型3种螺纹形态对即刻负载牙种植体初期稳定性的影响。**方法** 采用三维机械设计软件SolidWorks在计算机上建立3种螺纹形态牙种植体、局部下颌骨块三维实体模型,将实体模型导入ABAQUS有限元软件建立种植体即刻负载有限元模型,模型界面存在初始应力(0.1 mm过盈产生);给有限元模型分别加载垂直向、水平向力,计算V型、矩型和锯齿型3种螺纹形态模型种植体骨界面微动。**结果** 垂直载荷下,V型、矩型、锯齿型种植体根末端骨界面最大微动分别为:18.09、15.56、10.93 μm,即矩型、锯齿型种植体微动与V型种植体微动相比,分别下降了13.99%和39.58%。水平载荷下,3种螺纹形态种植体颈部骨质水平向最大微动分别为:16.58、17.50、17.52 μm。**结论** 矩型、锯齿型螺纹设计与V型相比可增加种植体垂直向初期稳定性,但3种螺纹形态模型的水平向微动相差不明显。

关键词:牙种植体;设计;初期稳定性;三维有限元

中图法分类号:R319;R783.2 **文献标识码**:A

Influence of thread design on the primary stability of immediately loaded dental implants

WANG Kun[1], LI De-hua[2], ZHOU Ji-xiang[1], YANG Jun[1], SHI Wen-jin[1], ZHANG Cong-ji[1], LI Yu-long[3] ([1]Department of stomatology, Southwest Hospital, Third Military Medical University, Chongqing 400038, [2]Department of Oral Implantology, Qindu Stomatological Hospital, Fourth Military Medical University, Xi'an 710032, [3]Department of Aircraft Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

Abstract: Objective To evaluate the influence of three different thread designs on the primary stability of immediately loaded dental implants utilizing the 3-dimensional finite element analysis. **Methods** Using the commercial code of SolidWorks software, 3-D models of V-, square- and buttress-shaped dental implants and mandibular bone segments were generated. Then the 3-D implant and bone segment models were imported into ABAQUS finite element software, and meshed to create finite models. The bone-implant interfacial contact in all the finite models was defined to be a frictional contact with the initial press-fit stress (caused by self-tapping) by the Interference Fit Option to simulate the contact of immediately loaded implants and bone tissue. At last, the models of different thread designs were loaded by a vertical and horizontal force respectively to analyze the effects of thread design on primary stability of immediately loaded dental implants. **Results** Under vertical load, the maximum vertical micromotions of V-, square- and buttress-shaped dental implant models were 18.09, 15.56 and 10.93 m respectively, that of square- and buttress-shaped design reduced by 13.99% and 39.58% respectively as compared with V-shaped design. Under horizontal load, the maximum horizontal micromotions of V-, square- and buttress-shaped dental implant models were 16.58, 17.50 and 17.52 μm respectively. **Conclusion** Both the square and buttress thread design of the implant can increase the vertical primary stability, as compared with the V-shaped design. The differences of horizontal micromotions of the three screw shapes are insignificant.

Key words: dental implants; design; primary stability; three-dimensional finite element

与传统的柱状种植体相比,螺纹型种植体由于具有机械锁结固位作用、表面积大的特点,可增加种植体的初期稳定性,有利于骨愈合[1];对于已发生骨结合的种植体,螺纹设计能将轴向的拉或压应力载荷,通过螺纹斜面以压应力方式传递到周围骨质,有利于骨结合界

作者简介:汪 昆(1976-),男,陕西省户县人,硕士,医师,主要从事牙种植体即刻负载方面的研究,发表论文6篇。电话:(023)68765397

收稿日期:2005-08-24;修回日期:2005-09-23

面的长期维持和稳定[2]。临床研究证实，螺纹型种植体成功率高于柱状面种植体[3]。因此，螺纹型种植体已成为目前种植临床最常用的种植体类型，尤其是在对初期稳定性要求更高的即刻负载种植领域，更强调通过选择螺纹型设计来增加种植体初期稳定性[4]。

根据螺纹截面的不同可将螺纹型种植体分为三大类，即 V 型、矩型和锯齿型螺纹[5]。研究认为，不同的螺纹形态对骨界面力学性质的影响存在差异，如 Chun 等[6]利用二维有限元法研究了临床常见的 V 型、矩型和锯齿型螺纹对界面应力的影响，认为矩型螺纹比另外两类螺纹更能有效降低应力集中，其界面应力分布更合理。然而，从种植体即刻负载的角度考虑，人们希望找到一种更能提高种植体初期稳定性的螺纹形态设计。目前尚少见相关研究报道，因此本实验拟通过有限元模拟，研究上述 3 种螺纹形态对种植体初期稳定性的影响，为即刻负载临床提供理论支撑。

1　材料与方法

1.1　实验设备

个人用计算机：CPU 1.8 G，内存 2.0 G；软件：SolidWorks 制图软件、ABAQUS 有限元软件（HKS 公司）。

1.2　有限元模型的建立

1.2.1　螺纹型牙种植体、下颌骨骨块尺寸　　牙种植体直径 3.7 mm、长 13.0 mm、螺距 0.7 mm，根据种植体螺纹截面的不同，建立 3 种螺纹形态的种植体模型，3 种螺纹分别是 V 型、矩型（square）和锯齿型（buttress）螺纹，其中 V 型、矩型 2 种螺纹螺牙角分别为 60°、90°，锯齿型螺纹压力平面角 15°，3 种螺纹齿深均为 0.4 mm。牙种植体模型上部基台简化为直径 6.0 mm、高 6.0 mm 的圆柱体。下颌骨立方骨块尺寸：10 mm（近远中）×15 mm（高度）×10 mm（颊舌向）。立方体骨块颊舌、上下 4 个外表面画出密质骨层（1.2 ~ 1.5 mm 厚不等）。图 1 为螺纹示意图，从左至右：V 型、矩型、锯齿型。

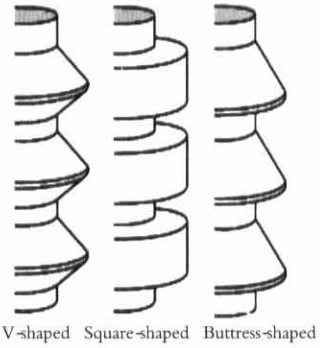


图 1　3 种螺纹示意图

Fig 1　Schematic illustration of three thread designs

1.2.2　实体模型的生成和模型分元　　按照上述尺寸，利用画图软件 SolidWorks 绘出螺纹型牙种植体、下颌骨局部骨块三维立体几何模型，将种植体、骨块文件导入 ABAQUS 有限元软件，建立有限元模型。模型中骨块螺纹小于种植体螺纹，与种植体螺纹产生 0.1 mm 过盈量，骨块与种植体装配后生成挤压有限元模型，即种植体骨界面存在初始应力（种植体直径大于所制备种植窝的直径所产生），模拟即刻负载种植体界面应力状态。

1.2.3　模型材料力学参数　　本研究材料力学参数参照 Huang 等[7]的有限元模型参数，模拟Ⅱ类骨质（Lekholm & Zarb 1985 年分类标准）。有关材料力学参数见表 1。

表 1　有限元模型材料力学参数

Tab 1　Mechanical properties of the finite element models

Materials	Young's modulus (GPa)	Poisson's ratio
Cortical bone	10	0.309
Trabecular bone	0.25	0.225
Titanium	103	0.340

1.2.4　实验假设　　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。

1.2.5　界面接触的定义　　采用库仑摩擦模型模拟非骨结合状态，即在外力作用下，界面处两种材料组织，可发生相对运动，摩擦系数 $\mu = 0.3$[8]。

1.2.6　边界条件　　下颌骨局部骨块颊舌面、近远中面、底面给予刚性约束[7]。

1.3　加载

于模型种植体基台顶部中心点分别加载垂直向力和水平向力，其中垂直力为 220 N，水平力 150 N[5]。

1.4　评价指标的选择

由于模型中种植体骨界面存在界面初始位移（过盈），本实验仅计算比较种植体颈部水平向微动和根末端垂直向微动。

2　结果

垂直载荷下的微动结果：种植体主要发生下沉，模型种植体根末端骨界面最大微动分别为：18.09、15.56、10.93 μm，即矩型、锯齿型种植体微动与 V 型种植体微动相比，分别下降了 13.99% 和 39.58%。水平力作用下种植体发生弯曲，模型种植体颈部骨质水平向最大微动分别为：16.58、17.50、17.52 μm。

3　讨论

Chun、Tada 等[6,9]研究了螺纹设计对种植体骨界面应变、应力指标的影响，得出了“V 型螺纹骨界面应变值明显低于柱状种植体骨界面应变、矩型螺纹设计应力分布更均匀”等结论。但是在种植体即刻负载领域，除应力、应变以外，人们更关心骨界面的微动指标。因为界面微动是影响即刻负载种植体能否实现成功骨结合的关键因素，微动超出一定范围即会导致纤维性界面的形成，即刻负载随之失败。而目前尚未见螺纹设计与界面微动的相关研究，本实验以种植体骨界面微动为种植体稳定性评价指标，比较相同载荷下不同形态螺纹骨界面的微动大小，将有助于为种植体的即

刻负载优选出合适的螺纹设计。

本实验在保证骨质、种植体宏观尺寸(直径和长度)等相同的条件下,发现垂直载荷时矩型、锯齿型种植体垂直向微动比 V 型种植体微动分别下降了13.99%和39.58%,说明矩型、锯齿型螺纹设计比 V 型螺纹抗下沉能力更强,相对于 V 型螺纹种植体更稳定。螺纹形态的差异应是引起骨界面微动不同的原因,本研究中 V 型、矩型、锯齿型螺纹齿深、螺距相同,仅仅存在形态上的不同,这种形态差异又表现为3种螺纹抗压力面角度不同和表面积不同,由于矩型、锯齿型抗压力面角度更平缓、螺纹表面积大于传统的 V 型设计[5],因此与 V 型相比,这两种螺纹设计更能抵抗垂直载荷的下沉作用。

水平载荷下,3种螺纹种植体颈部微动相差不大,说明螺纹形态的变化未能有效地改善种植体水平向稳定性。一般认为,种植体颈部密质骨的厚度是影响水平向稳定性的重要因素,密质骨越厚越能抵抗水平向微动;另外,种植体宏观尺寸(直径、长度)也是影响水平向稳定性的因素,增大种植体宏观尺寸可降低种植体水平向微动,其中增加直径更能有效增加水平向稳定性。因此,从种植体选择角度看,在即刻负载临床上,选择矩型、锯齿型螺纹、粗直径种植体可在增加垂直向稳定性的同时,增加水平向稳定性。

综上,矩型、锯齿型螺纹设计与 V 型相比可增加种植体垂直向初期稳定性,但3种螺纹形态模型的水平向微动相差不明显。

参考文献:

[1] Szmukler Moncler S, Piattelli A, Favero G A, *et al*. Considerations preliminary to the application of early and immediate loading protocols in dental implantology[J]. Clin Oral Implants Res, 2000, 11(1): 12-25.

[2] Skalak R. Biomechanical considerations in osseointegrated prostheses [J]. J Prosthet Dent, 1983, 49(6): 843-848.

[3] Karoussis I K, Bragger U, Salvi G E, *et al*. Effect of implant design on survival and success rates of titanium oral implants: a 10-year prospective cohort study of the ITI Dental Implant System[J]. Clin Oral Implants Res, 2004, 15(1): 8-17.

[4] Gapski R, Wang H L, Mascarenhas P, *et al*. Critical review of immediate implant loading[J]. Clin Oral Implants Res, 2003, 14(5): 515-527.

[5] Steigenga J T, al Shammari K F, Nociti F H, *et al*. Dental implant design and its relationship to long-term implant success[J]. Implant Dent, 2003, 12(4): 306-317.

[6] Chun H J, Cheong S Y, Han J H, *et al*. Evaluation of design parameters of osseointegrated dental implants using finite element analysis[J]. J Oral Rehabil, 2002, 29(6): 565-574.

[7] Huang H M, Lee S Y, Yeh C Y, *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.

[8] Mellal A, Wiskott H W, 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, 15(2): 239-248.

[9] Tada S, Stegaroiu R, Kitamura E, *et al*. Influence of implant design and bone quality on stress/strain distribution in bone around implants: a 3-dimensional finite element analysis[J]. Int J Oral Maxillofac Implants, 2003, 18(3): 357-368.

(编辑 栾 嘉)

(上接2344页)

死亡1例。结果表明体质量高于正常的患者发展为SAP的概率更大($P<0.05$)。对男女两组演化成SAP的患病率比较存在显著差异($P<0.05$),男性更容易发展成为SAP。

在34例非正常体质量患者中,体质量超重组22例(43.14%),SAP 7例;肥胖组12例(23.54%),SAP 9例。对两组采用四格表的确切概率法($P<0.05$)。研究BMI指数与SAP病情严重程度的关系,结果显示二者没有显著差异性($P>0.05$),即肥胖程度可能不是决定病情严重程度的重要因素。

3 讨论

51例急性胰腺炎患者统计分析后显示:66.67% AP患者体质量高于正常,患者更容易发生AP,且病情更为严重;肥胖患者胰腺炎发病中存在性别差异,男性肥胖患者较女性肥胖患者SAP发生率更高[1-3]。

引起胰腺炎的原因众多,肥胖成为其诱因,可能与肥胖人群中高血脂,胆道疾病发生率高相关。在胰腺炎发病过程中,肥胖患者多余的脂肪沉积使腹腔空间变小,腹压升高,腹腔间隙综合征更为严重,合并肺损害,肝肾损害更为严重,脂肪更容易坏死化脓,预后不良[4,5]。

近年来生活水平的提高,饮食结构的改变,体质量超标人群数量增加,肥胖作为胰腺炎发病的相关因素也被学者所重视。本研究结果表明体质量高于正常的患者发生AP的概率更大,男性患者更易发展为SAP。所以肥胖作为胰腺炎的评估因素是对胰腺炎的预防、治疗和预后有重要的意义。

关键词:胰腺炎;肥胖;BMI

中图法分类号:R576.01 文献标识码:B

参考文献:

[1] 张圣道. 重症急性胰腺炎临床新技术[M]. 北京:人民军医出版社, 2002. 84-90.

[2] 丁晓凌, 周国雄, 曹一亮. 肥胖、高脂血症与急性胰腺炎相关性研究[J]. 胰腺病学, 2004, 4(1): 23-25.

[3] Humar A, Ramcharan T, Kandaswamy R, *et al*. Technical failures after pancreas transplants: why grafts fail and the risk factors—a multivariate analysis[J]. Transplantation, 2004, 78(8): 1188-1192.

[4] 何振平. 急性胰腺炎的并发症临床认识与评估[J]. 消化外科, 2003, 2(4): 297-301.

[5] 刘胜荣, 刘 平, 孙国强. 急性胰腺炎45例治疗体会[J]. 消化外科, 2002, 1(3): 169,174.

(编辑 陈聪连)