

· 论 著 ·

Spline 高度对种植体-基桩界面应力分布的影响

黄 茜¹, 王 聪², 王少安³, 王 璐¹, 李苏伶^{1△}

(1. 重庆医科大学附属口腔医院修复科 400015; 2. 成都市第三人民医院口腔科 610031; 3. 四川大学华西口腔医院, 成都 610041)

摘要:目的 研究连接高度对 Spline 种植体-基桩界面受力的影响。方法 利用三维有限元方法分析比较 0.7、1.0、1.2 mm 高度 Spline 种植体、基桩及中央螺钉在预负荷、垂直载荷及斜向载荷作用下的应力分布情况。结果 中央螺钉的最大应力值位于螺钉头部与螺杆交接处; Spline 种植体的最大应力值位于突起根部; 1.0 mm 高度的种植体、基桩应力值最小, 而中央螺钉应力值最大。结论 1.0 mm 高度是 Spline 种植体系最为合理的连接高度。

关键词:种植体; 应力分析; 三维有限元

中图分类号: R783.12

文献标识码: A

文章编号: 1671-8348(2010)10-1217-02

Three dimensional finite element analysis of stress distribution of implant-abutment interfaces with different Spline height

HUANG Qian¹, WANG Cong², WANG Shao-an³, et al.

(1. Department of Prosthodontics, Affiliated Stomatologic Hospital, Chongqing Medical University, Chongqing 400015, China; 2. Department of Stomatology, Chengdu Third People's Hospital, Chengdu, Sichuan 610031, China; 3. Huaxi Stomatologic Hospital, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610041, China)

Abstract: Objective To investigate the effect of spline height on stress distribution of the implant-abutment joint. **Methods** Three-dimensional finite element analysis was used to determine stress distribution of the implant, abutment and screw of different spline height under preload, vertical load, and oblique load. **Results** Maximum Von Mises stress of screw located at the joint of the screw head and the screw shank. Maximum Von Mises stress of the Spline implant located at the root of the Spline projections. The system with 1.0 mm spline height had lower stress on implant and abutment, but higher stress on screw. **Conclusion** Spline height of 1.0 mm is preferred in spline implant system.

Key words: three-dimensional finite element; stress analysis; implant

Spline 连接属于外连接方式, Calcitek 公司的 Spline 种植体突起高度为 1 mm^[1], 本实验通过三维有限元方法^[2], 旨在分析连接高度对 Spline 连接方式的种植体-基桩界面受力的影响, 为 Spline 种植体的改进和临床设计提供参考。

1 材料与方 法

1.1 建模 根据相关数据^[1], 在三维建模软件 Pro/Engineer Wildfire 2.0 中建立 Spline 种植体(长 10 cm, 直径 3.75 mm, 突起高度 1 mm)、相应粘固型基桩、中央螺钉及一个均匀厚度 0.5 mm 的帽状冠模型(相当于烤瓷牙底层冠)。修改 Spline 突起高度, 获得 0.7、1.0、1.2 mm 连接高度的种植体-基桩模型(图 1)。将 3 个模型从 Pro/E 完整导入有限元软件 Ansys Workbench 9.0。



图 1 不同连接高度的 Spline 种植体模型

1.2 材料参数、假设、边界条件 种植体、基桩及中央螺钉均设定为钛合金材料, 即 Ti-6Al-4V(杨氏模量 110 GPa, 泊松比

0.35), 帽状冠设为金合金材料(杨氏模量 100 GPa, 泊松比 0.3)。假设模型材料为连续、均匀、各向同性、线弹性材料。根据相关文献给予种植体外螺纹所有节点刚性约束^[3]。

1.3 接触区域的设置 在种植体-基桩、种植体内螺纹-螺钉螺纹、螺钉头部-基桩接触区域引入接触对, 设定其摩擦系数为 0.3^[3]; 设定基桩-帽状冠接触区为紧密接触无相对滑动。

1.4 网格划分 网格划分均采用四面体单元, 划分结果如表 1。

表 1 网格划分结果

Spline 种植体模型	单元数	节点数
0.7 mm	56 330	91 030
1.0 mm	56 557	91 816
1.2 mm	59 786	97 007

1.5 加载条件 根据拧紧力矩和预紧力的关系^[4], 求得预紧力为 405 N, 该力施于螺杆上, 为轴向使螺杆缩紧的力。在预紧力基础上, 于帽状冠顶面施加两种载荷: 垂直 200 N、斜向 100 N(45°)。

2 结 果

不同 Spline 高度的模型各部件最大 Von Mises 应力值如

△ 通讯作者, 电话: 13637801468; E-mail: 28905594@qq.com。

表 2 所示。3 种载荷下 1.0 mm 高度的种植体、基桩应力值均较 0.7 mm 和 1.2 mm 高度小,而中央螺钉应力值最大。

表 2 不同 Spline 高度的模型各部件最大 Von Mises 应力值(MPa)

Spline 种植体模型	Bolt=405 N			Vertical=200 N			Oblique=100 N		
	I	A	S	I	A	S	I	A	S
0.7 mm	123	142	338	160	165	353	332	214	462
1.0 mm	88	112	341	115	159	396	320	210	519
1.2 mm	114	149	320	236	163	352	407	213	458

I:种植体;A:基桩;S:中央螺钉。

不同连接高度的中央螺钉最大应力值均位于螺钉头部与螺杆交接处,种植体最大应力值均位于 Spline 根部(图 2)。

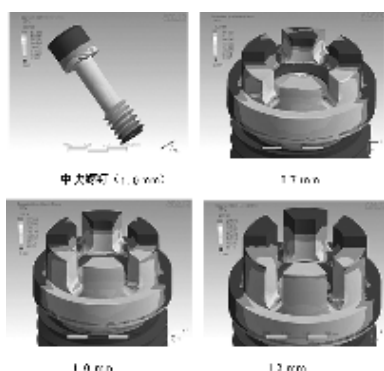


图 2 斜向载荷下应力分布图

3 讨 论

对于常见的外六边连接, Branmark 系统最初连接高度为 0.7 mm,但随后的研究发现外六边高度需要 1.2 mm 才能很好地达到抗旋转和抗侧向力的作用^[5],但未对外六边高度与应力分布的关系进行研究。Spline 连接属于外连接方式,其突起高度为 1.0 mm,本实验参考目前其他系统的外六边的连接高度,设计了 0.7、1.0、1.2 mm 3 种高度的 Spline 种植体,运用三维有限元方法进行应力分析以了解 Spline 突的内部应力分布规律以及 Spline 突高度与应力分布之间的关系。

本实验中,不同连接高度的中央螺钉最大应力值均位于螺钉头部与螺杆交接处,该处是螺钉疲劳失败通常发生的一个部位^[6-7],主要是因为两部分之间曲率半径和直径变化所产生的应力集中所导致。不同连接高度的 Spline 种植体在不同载荷

下的最大应力值都位于突起根部,但应力值远远小于材料的屈服强度,关于 Spline 突起是否会折断以及在何种情况下会出现这种情况,尚需要进一步实验。

从实验结果还可以看出,不同的连接高度对 Spline 种植体-基桩界面的应力分布有一定影响:不同载荷下 1.0 mm 高度的种植体、基桩应力值最小,而中央螺钉应力值最大。由于中央螺钉与种植体、基桩应力值差别最大,可以更好地发挥弱连接^[8-9]的作用,即中央螺钉在其他部件破坏之前发生塑性形变或折断,从而达到保护种植体的目的,同时 1.0 mm 的 Spline 突高度较好地达到了抗旋转和抗侧向力的作用。所以本研究认为 1.0 mm 的 Spline 突高度是较为合理的连接高度。

参考文献:

- [1] Binon PP. The Spline implant: design, engineering and evaluation[J]. *Prosthodont*, 1996, 9: 416.
- [2] 雷涛,张纲,有限元法在颌骨生物力学研究中的应用研究进展[J]. *重庆医学*, 2009, 38(3): 350.
- [3] Alkan I, Serthez A, Ekici B. Influence of occlusal forces on stress distribution in preloaded dental implant screws[J]. *Prosthet Dent*, 2004, 91(4): 319.
- [4] 卜炎. 螺纹连接设计与计算[M]. 北京: 高等教育出版社, 1995.
- [5] Ohnell L, Hersh J, Ericsson L. Single tooth rehabilitation using osseointegration: a modified surgical and prosthodontic approach[J]. *Quintessence Int*, 1988, 19: 871.
- [6] Patterson EA, Johns RS. Theoretical analysis of the fatigue life of fixture screws in osseointegrated dental implant[J]. *Oral Maxillofac Implants*, 1992, 7(1): 26.
- [7] 孔亮,刘宝林,胡开进,等. 螺纹种植体螺距的优化设计和应力分析[J]. *华西口腔医学杂志*, 2006, 24(6): 509.
- [8] Binon PP, Suter F, Beaty K, et al. The role of screws in implant systems[J]. *Oral Maxillofac Implants*, 1994, 9 (Supply): 48.
- [9] 杜焱,叶平,吴润发. 三维有限元分析过盈配合对种植体骨界面应力分布的影响[J]. *中国口腔种植学杂志*, 2008, 13(1): 22.

(收稿日期: 2009-12-25)

(上接第 1216 页)

- microcomputed tomography scan study[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2006, 130(5): 639.
- [9] Yamashiro T, Tummers M, Thesleff I. Expression of bone morphogenetic proteins and Msx genes during root formation[J]. *J Dent Res*, 2003, 82: 172.
 - [10] Ganss B, Kim RH, Sodek J. Bone sialoprotein[J]. *Crit Rev Oral Biol Med*, 1999, 10: 79.
 - [11] Zhang Q, Domenicucci C, Goldberg HA. Characterization of fetal porcine bone sialoproteins, secreted phosphopro-

tein, bone sialoprotein, and a 23-kDa glycoprotein[J]. *J Biol Chem*, 1990, 265(13): 7583.

- [12] Hosoya A, Ninomiya T, Hiraga T. Alveolar bone regeneration of subcutaneously transplanted rat molar[J]. *Bone*, 2008, 42(2): 350.
- [13] Kawaguchi H, Ogawa T, Kurihara H. Immunodetection of noncollagenous matrix proteins during periodontal tissue regeneration[J]. *J Periodont Res*, 2001, 36(4): 205.

(收稿日期: 2009-12-25)