

# 钴铬合金和钛基台与全瓷冠间粘接界面的 三维有限元应力分析

王伟嘉<sup>1</sup> 龙刚<sup>2</sup> 胡嘉伟<sup>3</sup> 何瑞华<sup>4</sup> 孙勇<sup>4</sup>

(1. 泸州医学院附属口腔医院修复科 泸州 646000;

2. 口腔疾病研究国家重点实验室, 四川大学 成都 610041;

3. 四川大学制造学院力学实验室 成都 610065;

4. 中国人民解放军成都军区机关医院口腔科 成都 610031)

[摘要] 目的 对比观察钴铬合金基台和钛基台支持时与氧化锆全瓷冠、氧化铝全瓷冠和铸造全瓷冠间复合树脂粘接界面的应力分布情况, 分析钴铬合金基台的特性。方法 建立右下颌第一磨牙种植体局部结构的三维有限元模型, 在冠咬合面加载水平和垂直力, 以模拟最大咬合力的侧向水平分力和垂直分力。结果 钴铬合金基台粘接界面应力最大数值小于钛基台粘接界面, 应力集中区域较钛基台粘接界面广泛。钴铬合金基台粘接界面应变最大数值小于钛基台粘接界面且应力分布区域更均匀广泛; 钴铬合金基台粘接界面同钛基台相似, 应力最大值主要来自水平侧向力, 应力集中主要在基台和冠颈部与种植体连接处。钴铬合金基台粘接界面总变形最大值较钛基台粘接界面大且分布范围区域较均匀广泛。结论 钴铬合金基台粘接界面应力分布优于钛基台界面, 钴铬合金基台相对钛基台更抗折断, 钴铬合金基台粘接界面与钛基台界面的应力分布区域相似。在临床应用中, 钴铬合金基台是钛基台的一种有益补充。

[关键词] 钴铬合金基台; 钛基台; 粘接界面; 粘接剂; 全瓷冠; 三维有限元; 应力

[中图分类号] R 783.3 [文献标志码] A [doi] 10.3969/j.issn.1673-5749.2011.01.003

**Cobalt-chromium alloy and titanium abutments and all-ceramic crowns bonding interface between the three-dimensional finite element stress analysis** WANG Wei-jia<sup>1</sup>, LONG Gang<sup>2</sup>, HU Jia-wei<sup>3</sup>, HE Rui-hua<sup>4</sup>, SUN Yong<sup>4</sup>. (1. Dept. of Prosthodontics, The Affiliated Hospital of Stomatology, Luzhou Medical College, Luzhou 646000, China; 2. State Key Laboratory of Oral Diseases, Sichuan University, Chengdu 610041, China; 3. Laboratory of Mechanics, College of Manufacture, Sichuan University, Chengdu 610065, China; 4. Dept. of Stomatology, Chengdu Military Office Hospital of Chinese People's Liberation Army, Chengdu 610031, China)

[Abstract] **Objective** By comparing the observed cobalt-chromium alloy and titanium abutment abutment supported all-ceramic crowns with three kinds of composite resin bonding between the interface stress distribution to the difference between cobalt-chromium alloy to observe the characteristics of base stations. **Methods** Mandibular first molar implants local structure of three-dimensional finite element model to simulate the maximum bite force at the crown teeth occlusal surface horizontal and vertical force loading. **Results** Cobalt-chromium alloy on bonding interface of base stations was less than the stress of titanium abutment interface and a more uniform stress distribution in the region wide, cobalt-chromium alloy with titanium bonding interface of base stations as base stations, the horizontal loading force much larger than the maximum vertical load and, stress concentration, mainly in the neck and base stations and the crown implant junction. Cobalt-chromium alloy on bonding interface of base stations, the maximum stress concentration than the titanium abutment interface was small and wide distribution.

**Conclusion** Cobalt-chromium alloy bond stress distribution of base stations is better than titanium abutment interface. Cobalt-chromium alloy on bonding interface of base stations is relatively more resistant titanium abutment fracture. Cobalt-chromium alloy on bonding interface of base stations, base station interface with titanium as similar to the stress distribution. In clinical applications, cobalt-chromium alloy is a titanium abutment of base stations a useful complement.

[Key words] cobalt-chromium alloy base station;

[收稿日期] 2010-08-23; [修回日期] 2010-09-13

[作者简介] 王伟嘉(1980—), 男, 山西人, 硕士

[通讯作者] 王伟嘉, Tel: 15528334488

titanium abutment; bonding interface; adhesive; all-ceramic crown; three-dimensional finite element; stress

目前,种植体已能像天然基牙一样为全冠修复体提供良好的支持作用<sup>[1-2]</sup>。种植体基台与修复冠的连接方式包括螺钉固位和粘接固位,但前者操作烦琐、妨碍美观和殆接触无弹性缓冲,因此临床医师更倾向于采用符合生物学原则的粘接固位方法<sup>[2-3]</sup>。然而,适合天然基牙条件的现有口腔粘接剂在金属基桩上很可能表现出不同的固位特征<sup>[4]</sup>,以往就曾有学者作过类似研究,如比较不同粘接剂或不同冠修复材料对牙体组织与金属全冠之间固位力的影响<sup>[5]</sup>;但种植体不同于牙体组织,其结论对种植体可能不完全相符。

在口腔种植修复中,金属基台主要选择的是钛金属。随着临床工作的不断发展进步,钛基台在临床中使用的诸多不便愈发凸显:1)钛基台加工困难,需使用专用口腔车针,这给基台的调改带来了困难;2)调改后的基台无法高度抛光,可能引起病原微生物的积聚而发生软组织炎症<sup>[6]</sup>;3)无法使用激光焊接。钴铬合金基台却可以很好地弥补以上缺点,为临床应用带来了方便。钴铬合金基台目前应用较少,其应力分布与钛基台有何区别尚无定论。本研究运用三维有限元法分析单个钴铬合金基台和钛基台与氧化锆全瓷冠、氧化铝全瓷冠和铸造全瓷冠间的粘接界面,即粘接剂、修复冠和基台三者的接合面的应力分布情况,为钴铬合金基台的临床应用提供理论指导。

## 1 材料和方法

### 1.1 三维模型的建立

用显微 CT 扫描一颗完整的成年体外右下颌第一磨牙,生成其精确的表面模型,将该模型在 Geomagic Studio 里进行必要的曲面修整,再从 Mimics 导入 Ansys 11.0 实体化,划分成 54 121 个单元网格 88 432 个节点,生成修复冠的有限元模型,修整此冠颈部使其与所选基台完好匹配,改变材料参数以便形成所需的全瓷冠。由德国 FRALIT-2 种植系统提供 3.7 mm 种植体及基台的详细参数,用 UG 软件建立其三维模型。通过改变基台的材料参数,生成相应的钴铬合金基台和钛基台。由于粘接剂厚度越薄,冠修复体就位越完全,粘接剂内的缺陷就越少,粘接强度就越高<sup>[7]</sup>,因此将粘接剂厚度选定为 50  $\mu\text{m}$ 。建立种植体周的牙槽骨三维模型,使之与种植体完好匹配。

### 1.2 边界条件

由于本试验研究的是单个种植体的应力分析,所以在计算机中设定种植体固定在牙槽骨中,牙槽骨固定即 X、Y、Z 三个轴的位移为 0。

### 1.3 试验方法

1.3.1 粘接方法 将氧化锆全瓷冠、氧化铝全瓷冠和铸造全瓷冠分成 A、B、C 三组,每组粘接剂均为复合树脂,分别与钴铬合金基台和钛基台粘接。通过材料的弹性模量和泊松比参数的改变来更换。材料的性质见表 1。

表 1 三维模型的材料参数

Tab 1 Material parameters of three-dimensional model

材料	弹性模量(E/MPa)	泊松比
钛基台	110 000	0.35
钴铬合金基台	214 000	0.33
复合树脂	6 000	0.25
氧化锆	210 000	0.30
氧化铝	380 000	0.30
铸造陶瓷	70 300	0.28

1.3.2 加载方式 静态加载且加载时间 1 s。根据口腔解剖生理学<sup>[8]</sup>理论,下颌第一磨牙为牙尖交错殆时,颊尖和远中尖的颊斜面和舌斜面以及舌尖的颊斜面与对殆牙有咬合接触,参考文献<sup>[9]</sup>选取最大咬合力加载,在 2 个点和 6 个面的 5 处加载,向下垂直加载合力为 600 N 的力,每一分力均为 120 N。舌尖颊面中上 1/3 处 2 个点 2 处加载,舌侧水平加载合力为 225 N 的力,每一分力均为 112.5 N。

### 1.4 分析与计算

应用三维有限元分析软件 Ansys 11.0 进行力的加载与受力分析运算。

## 2 结果

右下颌第一磨牙种植体在下颌骨种植的局部仿真三维模型见图 1。通过 Ansys 有限元应力分析,得到钴铬合金基台和钛基台与氧化锆全瓷冠、氧化铝全瓷冠和铸造全瓷冠各部位应力、应变和总变形值大小及其分布云图(图 2~4、表 2~4)。图 5 显示,垂直加载 600 N 的合力后,每一分力均为 120 N。图 6 示水平加载 225 N 的合力后,每一分力均为 112.5 N。

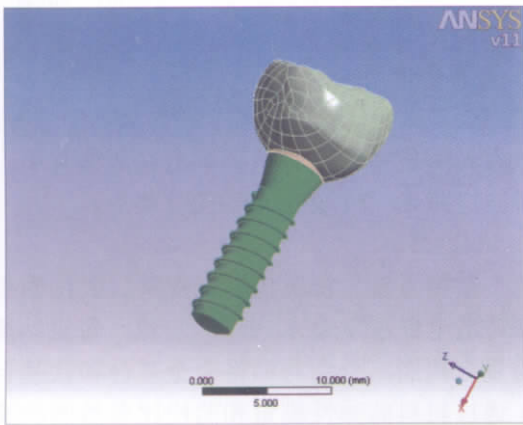


图 1 下颌第一磨牙种植体的三维模型图

Fig 1 Three-dimensional model of mandibular first molar implant

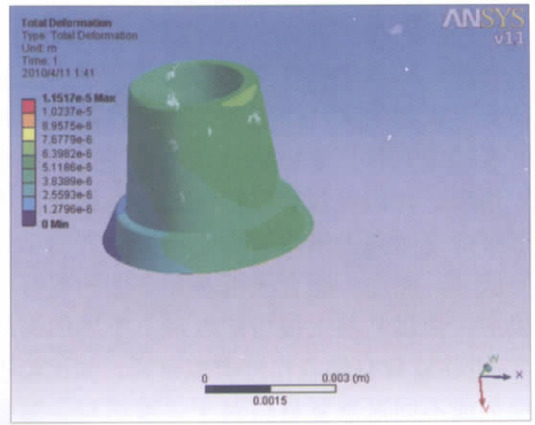


图 4 垂直力加载后的一组总变形云图

Fig 4 Vertical force loaded a set of cloud total deformation

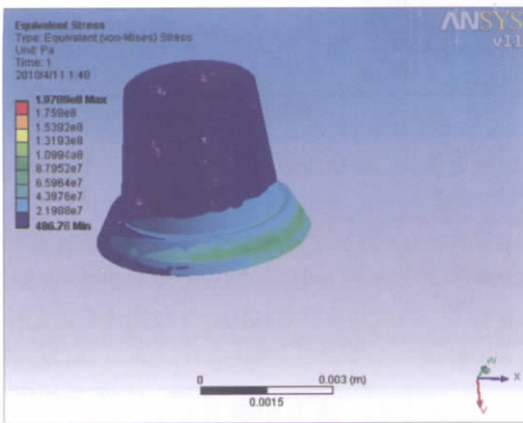


图 2 垂直力加载后的一组应力分布云图

Fig 2 Vertical force loaded stress contours of a group

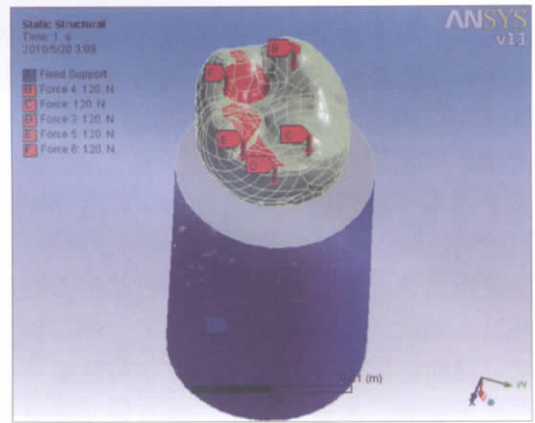


图 5 全瓷冠口面垂直方向力的加载

Fig 5 All-ceramic crown occlusal vertical load force

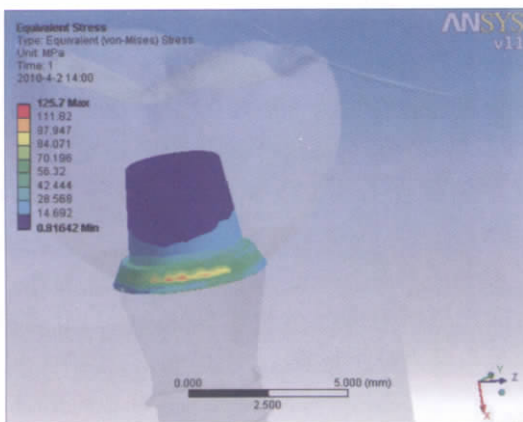


图 3 垂直力加载后的一组应变分布云图

Fig 3 Vertical force loaded strain contours of a group

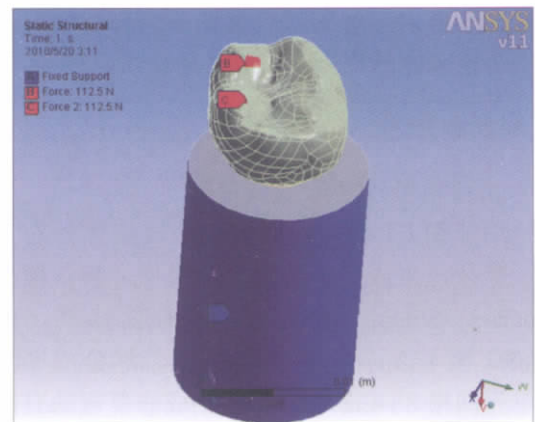


图 6 全瓷冠口面水平方向力的加载

Fig 6 All-ceramic crown occlusal loading of the horizontal force

表 2 2 种基台与 3 种全瓷冠间粘接界面的弹性应力值

Tab 2 Two base stations and three all-ceramic crowns bonding interface between the elastic stress  $\sigma$ /Pa

最大应力	材料	氧化锆全瓷冠	氧化铝全瓷冠	铸造全瓷冠
水平加载	钴铬合金基台	1.089 7e+008	1.082 4e+008	1.001 5e+008
	钛基台	1.164 6e+008	1.232 3e+008	1.212 8e+008
垂直加载	钴铬合金基台	6.804 1e+007	6.956 6e+007	6.727 0e+008
	钛基台	8.415 3e+007	8.377 8e+007	7.651 5e+007

表 3 2 种基台与 3 种全瓷冠间粘接界面的弹性应变值

**Tab 3 Two base stations and three all-ceramic crowns bonding interface between the elastic strain L/m**

最大应力	材料	氧化锆全瓷冠	氧化铝全瓷冠	铸造全瓷冠
水平加载	钴铬合金基台	1.808 5e-002	1.841 7e-002	1.651 5e-002
	钛基台	2.421 8e-002	2.412 4e-002	2.351 0e-002
垂直加载	钴铬合金基台	1.175 5e-002	1.193 4e-002	1.069 1e-002
	钛基台	1.794 3e-002	1.796 6e-002	1.728 3e-002

表 4 2 种基台与 3 种全瓷冠间粘接界面的总变形值

**Tab 4 Two base stations and three all-ceramic crowns bonding interface between the total deformation L/m**

最大应力	材料	氧化锆全瓷冠	氧化铝全瓷冠	铸造全瓷冠
水平加载	钴铬合金基台	1.486 9e-005	1.440 3e-005	1.637 5e-005
	钛基台	1.972 5e-005	1.904 7e-005	2.196 1e-005
垂直加载	钴铬合金基台	5.477 3e-006	5.305 1e-006	6.204 4e-006
	钛基台	7.422 3e-006	7.165 3e-006	8.381 9e-006

### 3 讨论

由表 2 可知：1) 钴铬合金基台不同粘接界面的应力最大值都小于钛基台粘接界面，即钴铬合金基台粘接界面应力分布优于钛基台；2) 钴铬合金基台同钛基台一样，应力集中最大值主要来自水平加载，即不同的粘接界面应力集中最大值来自水平侧向力而非垂直侧向力；3) 铸造全瓷冠不同粘接界面无论水平加载还是垂直加载，其最大应力都较其他全瓷冠粘接界面应力数值小。

从表 3 可知：1) 钴铬合金基台较钛基台的弹性应变值小，其水平应变最大值远高于垂直应变值；2) 从应变分布彩虹图(图3)可见，两种基台的弹性应变集中区域和应力分布区域相似，变化也基本保持一致，其最大值在该集中区域的中心一带，形状与外形变化一致。

从表 4 可知：1) 钴铬合金基台同钛基台一样，水平加载时的最大变形远高于垂直加载，但钴铬合金基台最大变形值较钛基台要小很多，即钴铬合金基台总变形要优于钛基台。2) 从变形分布图(图4)可见，水平加载集中区域主要在基台顶端一圈，颊、舌侧稍大于近、远中，应变的最大值在此区域基台顶部中心外边沿的颊侧和舌侧处；垂直加载的应变集中区域在舌侧单侧基台区域，即最大应力的一侧，最大值在基台顶部中心外边沿处。3) 从变形分布图(图4)还可发现，钴铬合金基台变形区域较钛基台大而且均匀。基台相同时，氧化铝组的应变区域最大，特别在垂直加载时，范围从顶端到基台颈部连接区整个一侧面；铸瓷冠组的应变区域最小，特别是垂直加载

时集中在基台上 1/3 区域，即钴铬合金基台不同的粘接界面变形分布要优于钛基台粘接界面。

### 4 参考文献

- [1] Andersson B, Odman P, Lindvall AM, et al. Single-tooth restorations supported by osseointegrated implants: Results and experiences from a prospective study after 2 to 3 years[J]. Int J Oral Maxillofac Implants, 1995, 10 (6) :702-711.
- [2] 夏海斌, 王贻宁. 种植体支持式单冠的固位方式及其影响因素[J]. 国外医学口腔医学分册, 1999, 26(3) :155-157.
- [3] Hebel KS, Gajjar RC. Cement-retained versus screw-retained implant restorations: Achieving optimal occlusion and esthetics in implant dentistry[J]. J Prosthet Dent, 1997, 77(1) 28-35.
- [4] Breeding LC, Dixon DL, Bogacki MT, et al. Use of luting agents with an implant system: Part [J]. J Prosthet Dent, 1992, 68(5) :737-741.
- [5] 孟琳, 付钢, 夏熹, 等. 不同粘接材料对后牙残根核桩冠修复后三维有限元应力分析[J]. 重庆医科大学学报, 2008, 33(9) :1124-1129.
- [6] 李梅, 杨圣辉, 王者, 等. 钛种植体基台的表面粗糙度与细菌粘附[J]. 中华口腔医学杂志, 2001, 36(6) :431-433.
- [7] Phillips RW. Skinners science of dental materials[M]. 8th ed. Philadelphia: Philadelphia WB Saunders Co, 1982: 463.
- [8] 皮昕, 何三纲. 口腔解剖生理学[M]. 5版. 北京: 人民卫生出版社, 2003 35.
- [9] Imanishi A, Nakamura T, Ohyama T, et al. 3-D Finite element analysis of all-ceramic posterior crowns[J]. J Oral Rehabil, 2003, 30(8) 818-822.

(本文编辑 汤亚玲)