

有限元法分析不同粘接剂对全瓷冠应力分布的影响

李冰 张晔 武秀萍 邓菁菁 吴婷婷 张并生

(山西医科大学口腔医院修复科, 太原 030001)

【摘要】目的 探讨不同种类粘接剂对双层结构的全瓷冠及粘接剂应力分布的影响, 为临床修复设计提供依据。**方法** 利用螺旋 CT 断层图像, 构建双层结构的全瓷冠(核瓷层和饰瓷层)、粘接剂层、牙体组织、牙根、牙周膜和牙槽骨 6 部分的三维有限元模型, 设计垂直集中载荷 600N 的加载方式, 分析全瓷冠经 3 种不同粘接剂(Panavia, 3M RelyX Unicem, 3M RelyX Luting)粘固后, 粘接剂层、核瓷层和饰瓷层的最大主应力分布。**结果** 粘接层应力集中部位为近中颊侧肩台和腭侧面近殆面部分。核瓷层应力主要集中在核瓷内部, 饰瓷层应力主要集中在加载点附近。随着粘接材料弹性模量的增加, 位于饰瓷层的最大主应力呈现出下降的趋势, 而位于核瓷层和粘接层的最大主应力出现上升的趋势。**结论** 全瓷冠在不同粘接材料粘固后受到力的作用时, 最大主应力分布区域相对固定, 但分布范围有向加载侧分布的趋势。在某些条件下, 高弹性模量的粘接剂可能会降低全瓷冠崩瓷的发生, 并在一定程度上降低核瓷层的抗折能力。

【关键词】 粘接剂 全瓷冠 有限元分析 应力

DOI: 10.11752/j.kqcl.2014.02.08

Effect of different bonding agents on the stress distribution of all-ceramic crown by three-dimension finite element analysis

Li Bing, Zhang Ye, Wu Xiuping*, Deng Jingjing, Wu Tingting, Zhang Bingsheng

(Department of Prosthodontics, The Affiliated Stomatology Hospital, Shanxi Medical University, Taiyuan 030001)

【Abstract】 Objective To investigate the relationship between the bonding agents and the stress distribution of all-ceramic crown and then provide the basis for clinical restoration design. **Methods** The *tomography* images of spiral CT were used to construct the finite element analysis mode, which was composed of six parts: double layer structure of all-ceramic crown(include the core layer and the veneer layer), adhesive layer, tooth tissues, tooth root, periodontal ligament, and alveolar bone. The loading way was designed as follows: 600N load was vertically concentrated, and ANSYS software was used to analyze the stress values of the core layer、the veneer layer and the adhesive layer with three bonding agents including the Panavia,the 3M RelyX Unicem and the3M RelyX Luting cement. **Results** The distribution area of stress in the adhesive layer was near the mesio-buccal shoulder and occlusal surface at the lingual side; the stress of the core layer was concentrated within the core porcelain and the stress of the veneer layer was located in where the load applied. With the increase of the elasticity modulus of the bonding agents, the maximum principal stress declined in the veneer layer, and the maximum principal stress increased in the core layer and the adhesive layer. **Conclusions** Under loading when all-ceramic crown was cemented with different bonding agents, the distribution areas of the maximum principal stress are always stable, but there is a trend due to the load: the distribution areas are more likely to move to the place near the load position.

基金项目: 山西医科大学青年基金 (编号 02200721)

通信作者: 武秀萍, E-mail: 77wpxp@163.com

The bonding agents with high elasticity modulus may reduce the risk of *collapse* porcelain of all-ceramic crowns, but it also may cause the decrease of the fracture resistance of core porcelain to a certain extent,

【Keywords】 Bonding agent All-ceramic crown Finitive element analysis Stress

全瓷冠因其独特的美学性能, 优良的生物相容性和耐磨损性而在众多的牙科修复材料中独受青睐^[1]。所谓的全瓷冠强度, 包括了全瓷冠本身的抗折强度和粘接强度, 它影响着全瓷冠的修复效果, 同时也受诸多因素的影响。对于不同种类粘接材料可能会导致全瓷冠抗折裂强度变化的研究, 一直是口腔修复生物力学研究的热点^[2], 本研究选择3种不同种类粘接剂, 应用三维有限元分析方法, 分析粘接剂层、核瓷层和饰瓷层的最大主应力分布, 为临床修复设计提供相应的理论数据。

1 材料和方法

本研究于2012年3月~2012年8月在清华大学计算机教研室进行。3种粘接材料分别来自: Panavia (可乐丽公司, 日本), RelyX Unicem (3M ESPE 公司, 美国), RelyX Luting (3M ESPE 公司, 美国)

1.1 三维有限元模型的建立

参照王惠芸《我国人牙的测量与统计》, 选择一颗形态完整(无磨损、无龋坏、牙根无吸收)的离体上颌第一磨牙, 全长: 19.7mm; 冠长: 7.3mm; 根长: 12.4mm; 冠宽: 10.1mm; 颈宽: 7.6mm; 冠厚: 11.3mm; 颈厚: 10.5 mm。用环氧树脂将其包埋于4cm×4cm金属长方形体内, 同时使牙长轴与包埋材料底面垂直。采用西门子64层螺旋式CT对包埋好的模型进行断层扫描, 层厚0.6mm, 层距0.1mm, 将获得的离体上颌第一磨牙的212张图片保存为DICOM格式, 将得到的DICOM格式的数字图像导入MIMICS软件中, 根据不同组织材料CT值的不同, 设定阈值区间, 从而将牙体组织提取出来, 计算出3D模型, 并将导出原始的点云模型放入GEOMAGIC软件中进行去噪, 平滑等处理, 生成NURBS曲面, 保存为CAD格式的模型, 建立上颌第一磨牙的三维有限元模型。运用布尔运

算法则对所建立的三维有限元模型进行分割, 根据全瓷冠预备原则形成: 全瓷冠模型(按离体牙外形轮廓, 骀面向内均匀缩进2mm, 轴面向内均匀缩进1.5mm, 形成1mm的直角肩台), 核瓷模型(按全瓷冠模型内表面外形向内均匀外扩0.8mm形成), 饰瓷模型(全瓷冠模型减去核瓷模型), 粘接剂模型(按照全瓷冠内表面外形向内均匀缩进50 μm), 牙体组织模型(按照牙齿外形轮廓减去牙冠和粘接层模型), 牙周膜模型(牙根表面均匀连续0.2mm), 牙槽骨模型(简化为一包绕牙根的立方体, 位于釉牙骨质界下1mm)。将建立好的各个模型文件导入ANSYS软件, 并启用自带的自动网格划分工具进行划分, 生成各部分的有限元模型。

1.2 载荷条件

加载部位位于上颌第一磨牙颌面中心区域, 加载方式为静态加载, 力的大小为600N, 力的方向与牙体长轴平行^[3]。

1.3 模型假设条件和主要参数设置

模型中假设所有材料均为均质性、各向同性线性弹性体, 牙槽骨固定约束。有关材料性能参数见表1^[4]。

表1 材料性能参数

材料	弹性模量 (GPa)	泊松比
In-Cream 核瓷	242	0.265
In-Cream 饰瓷	60	0.220
Panavia 粘接剂	4.04	0.35
3M RelyX Unicem 树脂粘接剂	5.9	0.27
3M RelyX Luting 玻璃子粘固剂	26.8	0.262
牙本质	18.6	0.31
牙周膜	0.0689	0.45
牙槽骨	13.7	0.3

1.4 观察指标

将核瓷层、饰瓷层及粘接剂层的最大主应力分布作为观察指标。

2 结果

粘接层应力集中部位为近中颊侧肩台和腭侧面近殆面部分。核瓷层应力主要集中在核瓷内部,

饰瓷层应力主要集中在加载点附近。随着粘接材料弹性模量的增加,位于饰瓷层的最大主应力呈现出下降的趋势,而位于核瓷层和粘接层的最大主应力出现上升的趋势。详见图1~3。

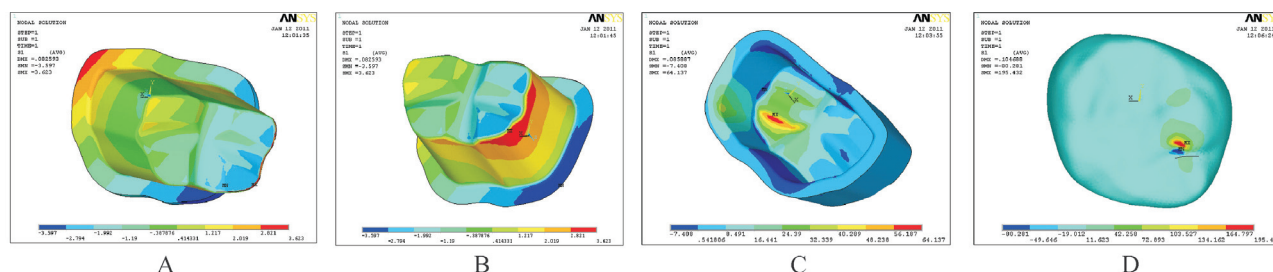


图1 粘接剂层为50 μm的3M RelyX Unicem的应力分布云图

其中A. 粘接层(颊面观); B. 粘接层(腭面观); C. 核瓷层(内面观); D. 饰瓷层

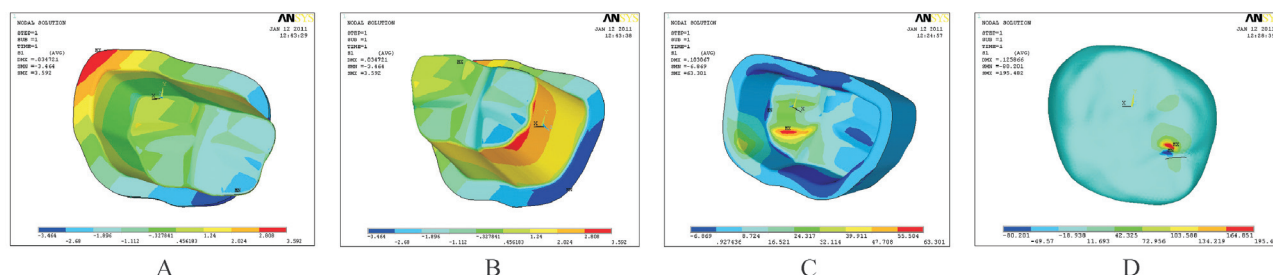


图2 粘接剂层为50 μm的Panavia的应力分布云图

其中A. 粘接层(颊面观); B. 粘接层(腭面观); C. 核瓷层(内面观); D. 饰瓷层

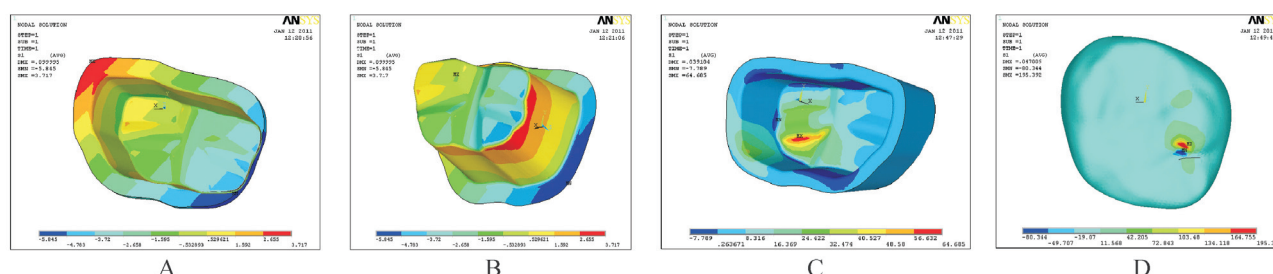


图3 粘接剂层为50 μm的3M RelyX Luting的应力分布云图

其中A. 粘接层(颊面观); B. 粘接层(腭面观); C. 核瓷层(内面观); D. 饰瓷层

3 讨论

本实验采用CT建模方法扫描,可以在不破坏实物的前提下,再现物体表面与内部精细、复杂的结构。CT扫描后的数据信息采用DICOM形式予以保存,可以直接进行数据的存取与传输,即使进行多次重复模型的相关操作,都不会导致数据的失真。

最大主应力反映材料内部各点的最大可拉伸应力。对陶瓷这种脆性材料来讲,抗拉伸强度低,在受到较大的拉应力时就会破裂。说明拉应力是导致全瓷冠修复失败的主要因素,因而本实验选择最大主应力作为实验的观察指标^[5]。本实验选取了临床上常用的2种树脂粘接剂和1种树脂加强型玻璃离子粘接剂。3M RelyX Unicem属于双固化树脂水门汀,其填料部分使用了Zirconia/Silica

复合物以提高机械性能,同时赋予X线阻射性。使用 RelyX Unicem 时固位力是以机械微嵌合为主,关键性的性能改善是提高了抵抗溶解的能力^[6]。Panavia 属于双固化树脂水门汀,它以磷酸酯类粘接单体、可释放氟、高无机填料添加率为特点。3M RelyX Luting 玻璃离子粘固剂,可以是粉液型,也可以是单糊剂型。粉液型产品的粉剂主要是氟铝硅酸钙玻璃粉,并含有聚合反应促进剂(有机叔胺)。液剂主要是具有多个羟基的甲基丙烯酸酯、甲基丙烯酸 β -羟乙酯、光引发剂和水。这类产品既具有复合树脂的一些特点,又具有玻璃离子水门汀的一些特性,由于有树脂基质的加入,粘接剂的抗折裂能力非常高,即使在酸性环境中溶解度依然为零,确保了极好的边缘封闭性,拥有真正的玻璃离子稳定高效的氟离子释放^[7]。适用于金属和金属烤瓷冠桥,金属嵌体及高嵌体,高强度全瓷冠,金属根管桩以及正畸装置。

本实验将粘接剂厚度分为 50 μm , 符合实际临床口腔修复中粘接剂厚度在 20 μm ~200 μm 的要求^[8]。3 种粘接材料的弹性模量为: Panavia 的弹性模量 < 3M RelyX Unicem 的弹性模量 < 3M RelyX Luting。根据实验结果可以得出,随着粘接剂弹性模量的增加,核瓷层的应力增大,而饰瓷层的应力呈现降低的趋势。与 Rafferty BT^[9]研究的,随着弹性模量的增加,核瓷层和饰瓷层的最大主应力均减小的结果相异。其原因可能是与本实验的加载位置不同有关。相关研究中^[10,11]也证实了牙冠最大主应力的分布与牙冠的材质有密切关系,但粘接剂的弹性模量、加载位置,剩余牙体组织的支持作用对牙冠最大主应力分布亦有影响的结论。提示在使用 In-ceram zirconia 全瓷冠时,应尽量选择弹性模量较大的粘接剂以降低饰瓷层的应力,减少崩瓷现象的产生。但当弹性模量过大时,会导致核瓷层应力峰值过大,进而降低全瓷冠的抗折能力,故临床选择全瓷冠粘接剂时,应综合考虑上述因素,选择合适的粘接剂进行粘接。随着粘接剂材料弹性模量的增大,位于粘接层的最大主应力呈现出逐渐增大的现象。提示可以选择

弹性模量较小的粘接剂来降低牙冠粘接层上的最大主应力,以降低牙冠脱落的概率,提高全瓷冠修复的成功率。

4 结论

临床上对粘接剂种类的选择非常重要,它直接影响着全瓷冠的修复效果。

参考文献

- 1 王华蓉,蒋文涛,陈国亮,等.MC CAD/CAM 全瓷冠三维有限元应力分析[J].医用生物力学,22(2):137~140.
- 2 Tsiou EA, Northeast SE, van Noort R. Evaluation of the marginal fit of three margin designs of resin composite Crowns using CAD/CAM[J].J Dent,2007,35(1):68~73.
- 3 李冰,刘斐,张并生,等.有限元法分析不同桩核材料对全瓷冠应力分布规律的影响[J].临床口腔医学杂志,2013,29(9):548~550.
- 4 李冰,刘斐,王健,等.不同桩核材料对牙本质应力分布规律的三维有限元研究[J].中国实用口腔科杂志,2013,6(7):413~416.
- 5 Coelho PG, Bonfante EA, Silva NR, et al.Laboratory simulation of Y-TZP all-ceramic crown clinical failures[J].Dent Res,2009,88(11):382~386.
- 6 宋蓉,王关,李颖,等.六种黏结剂黏固的铸造嵌体边缘的微渗漏研究[J].牙体牙髓牙周病学杂志,2006,16(5):282~284.
- 7 王薇.酸蚀浓度对光固化树脂加强型玻璃离子水门汀粘接强度的影响.中国医科大学硕士学位论文.2006,43~44.
- 8 崔军,刘学恒,马练,等.渗透陶瓷与松风 AL 饰瓷的热匹配性研究[J].口腔材料器械杂志,2008,17(1):8~12.
- 9 Rafferty BT,Janal MN,Zavanelli RA,et al.Design features of a three-dimensional molar crown and related maximum principal stress.A finite element model study[J].Dent Mater,2010,26(7):156~163.
- 10 Liu B,Lu C,Wu Y,et al.The effects of adhesive type and thickness on stress distribution in molars restored with all-ceramic crowns[J].Prosthodont,2011,20(2):35~44.
- 11 Scherrer SS, Quinn GD, Quinn JB. Fractographic failure analysis of a Procera all-ceram crown using stereo and scanning electron microscopy[J].Dent Mater,2008,24(8):1107~1113.

(收稿日期:2013-11-05 修回日期:2013-12-07)