

文章编号:1000-5404(2013)14-1485-04

论著

## 粘固剂影响桩核冠修复上颌中切牙的应力分析

陈红莉,韩耀伦,史洋 (450003 郑州,河南省人民医院口腔科)

**[摘要]** 目的 分析不同的粘固剂厚度对上颌中切牙桩核冠修复后剩余牙本质和粘固剂应力状况的影响。方法 采用三维有限元分析方法,建立不同粘固剂厚度的上颌中切牙桩核冠修复的三维有限元模型,模拟前伸殆和正中殆加载,选取指标为 Von Mises 应力、最大主应力和剪切力,分析粘固剂层厚度变化对牙本质和粘固剂的应力分布以及应力峰值的影响。结果 随着粘固剂层的增厚,各模型牙本质应力分布基本相似,前伸殆加载时3个模型牙本质内 Von Mises 应力和最大主应力集中区均在根尖,正中殆加载时两种应力的集中区同时出现在舌侧颈缘及根颈1/3;牙本质内 Von Mises 应力和最大主应力的峰值略有减小,而粘固剂层的 Von Mises 应力峰值、最大主应力峰值以及剪切应力峰值均明显减小,其中在前伸殆加载、粘固剂厚度为100  $\mu\text{m}$  时粘固剂层 XY 和 YZ 方向剪切应力峰值下降最为明显,分别达到了63.22%和51.46%。结论 粘固剂的厚度变化对牙本质的应力影响较小,而对粘固剂本身影响较大,适当增加粘固剂的厚度可以降低粘固剂的应力峰值。

**[关键词]** 桩核;粘固剂;上颌中切牙;三维有限元

**[中图分类号]** R318.01;R783.1;R783.3

**[文献标志码]** A

## Effect of cement thickness on stress of maxillary central incisor after post and core restoration

Chen Hongli, Han Yaolun, Shi Yang (Department of Stomatology, Henan Provincial People's Hospital, Zhengzhou, Henan Province, 450003, China)

**[Abstract]** **Objective** To investigate the effect of different thickness of cement on residual dentine and stress statement in post and core restored maxillary central incisor. **Methods** The three dimensional finite element models of post and core restored maxillary central incisor with different thickness of cement were established by computer, with simulation of the protruding and oblique loads. The stress peak and distribution of dentine and cement of Von Mises, the maximum stress and shear stress were analyzed to investigate the effect of different thickness of cement in each model respectively. **Results** The stress distribution inside the dentine from different models was similar with the increase of thickness of cement. Under protruding load, Von Mises and the maximum stress on dentine in three models showed significant stress concentration at root apex, but for oblique load, the stresses showed significant stress concentration at the lingual cervical margin and at the cervical one third of the tooth. The peaks of Von Mises, and the maximum stress inside the dentine were indistinctly reduced, but the peaks of them and shear stress in the cement were reduced obviously. When the thickness of cement was 100  $\mu\text{m}$  under protruding load, peak value of shear stress in XY and YZ direction on the cement was reduced most significantly, by 63.22% and 51.46% respectively less than when the thickness was 30  $\mu\text{m}$ . **Conclusion** The thickness of cement has few effects on stress of dentine, but significant on cement itself, which suggests it can reduce the stress peak in cement when proper increasing the thickness.

**[Key words]** post and core; cement; maxillary central incisor; three dimension finite element

Supported by the Tackling Project of Medical Science and Technology of Henan Province (201203086), Corresponding author: Chen Hongli, E-mail: aaa0881@163.com

随着根管治疗的广泛开展<sup>[1-2]</sup>,桩核技术成为残

根、残冠保存修复的重要技术方法,已为临床大量应用。桩核冠修复的成功与失败在很大程度上取决于桩核的粘固,但对修复体是否能长期保持,不易脱落尚存疑虑。以往有关粘固剂的研究主要侧重于其黏结强度、生物相容性、防微渗漏、可溶解性等方面<sup>[3-4]</sup>,但对

**[基金项目]** 河南省医学科技攻关计划(201203086)

**[通信作者]** 陈红莉, E-mail: aaa0881@163.com

**[优先出版]** <http://www.cnki.net/kcms/detail/51.1095.R.20130516.1138.007.html> (2013-05-16)

于咀嚼力作用下不同粘固剂厚度对牙本质及粘固层的力学影响研究较少;修复体、粘固层及牙这一复合整体在口颌系统不断变化的功能活动中的受力情况尚待进一步探讨。本实验采用三维有限元分析方法<sup>[5]</sup>,建立不同桩核粘固层厚度的上颌中切牙桩核冠三维有限元模型,分析粘固层厚度变化对牙本质和粘固剂的应力分布以及应力峰值的影响,旨在从力学分析的角度为临床应用提供参考。

### 1 材料与方法

#### 1.1 三维有限元模型的建立

选择1颗符合标准的上颌中切牙,采用螺旋CT扫描,断面与牙长轴垂直,层厚0.625 mm,共37层二维扫描断层图像,保存为DICOM格式,在Imageware中进行边界圆滑和修形,转入ANSYS软件,将牙体不同的解剖结构建成实体模型。利用Imageware软件在天然牙模型的釉牙骨质界冠方2 mm处切断牙体,根据临床实际尺寸对模型进行复杂操作建立修复体模型,再转入ANSYS软件建立残根桩核冠修复体的实体模型。

#### 1.2 模型设计

建立上颌中切牙根管治疗后桩核冠修复模型(图1A、B),颈部保留2 mm牙本质肩领(图1C)。根据口腔修复学<sup>[6]</sup>要求进行牙体预备,唇面宽1 mm直角肩台,平行桩直径接近颈部径的1/3,根端保留4 mm牙胶封闭区。烤瓷全冠根据各层厚度标准建立,核外形及大小按真牙牙冠减去烤瓷冠厚度外形获得,牙槽骨在釉牙骨质界下方2 mm,四周取2 mm厚的牙槽骨(图2A)包绕,牙周膜厚度0.2 mm(图2B)。选用玻璃纤维桩,复合树脂核,粘固材料为树脂水门汀,金合金烤瓷冠,该实验中以上参数恒定,根据桩的粘固剂(图2C)的不同厚度(分别为30、70、100 μm)建立3个桩核冠修复体的三维有限元模型。

### 1.3 加载、实验条件假设和边界条件

对有限元模型进行材料赋值,牙本质、固有牙槽骨、牙周膜、玻璃纤维桩、树脂水门汀、树脂核、牙胶尖、金合金、烤瓷的弹性模量分别为18.6、13.7、0.068 9、45、2.8、8.3、0.000 69、101.69 GPa,泊松比分别为0.31、0.30、0.45、0.32、0.33、0.28、0.45、0.33、0.28<sup>[7-9]</sup>。网格划分采取四面体Solid92单元,力学边界条件加载,模拟前伸殆和正中殆加载两种方式计算,静态加载载荷为118 N。前伸殆加载部位在切端沿牙长轴方向,正中殆加载部位在舌面切1/3与中1/3交界处,方向与牙长轴呈45°夹角。模型中假设所有材料均为连续、均质、各向同性的线弹性体,材料受力变形为小变形,边界约束条件为牙槽骨外周固定约束<sup>[10]</sup>。选取指标Von Mises应力、最大主应力,粘固剂层同时选取剪切力,分析桩粘固层厚度变化对牙本质的应力分布以及对牙本质和粘固剂应力峰值的影响。

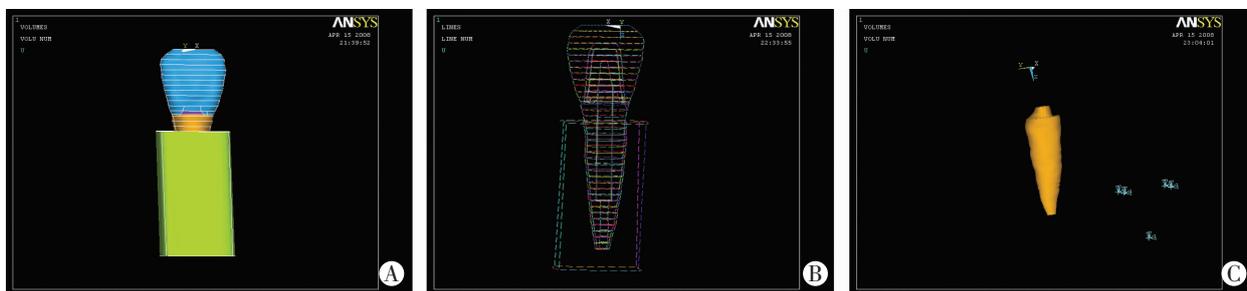
## 2 结果

### 2.1 粘固剂厚度对牙本质 Von Mises 应力及最大主应力峰值的影响

不同粘固层厚度的上颌中切牙桩核冠修复剩余牙本质的Von Mises应力及最大主应力峰值见表1。在同一加载情况下,随着粘固剂厚度从30 μm增加到100 μm,牙本质内Von Mises应力及最大主应力峰值均略有下降,但是降幅较小。

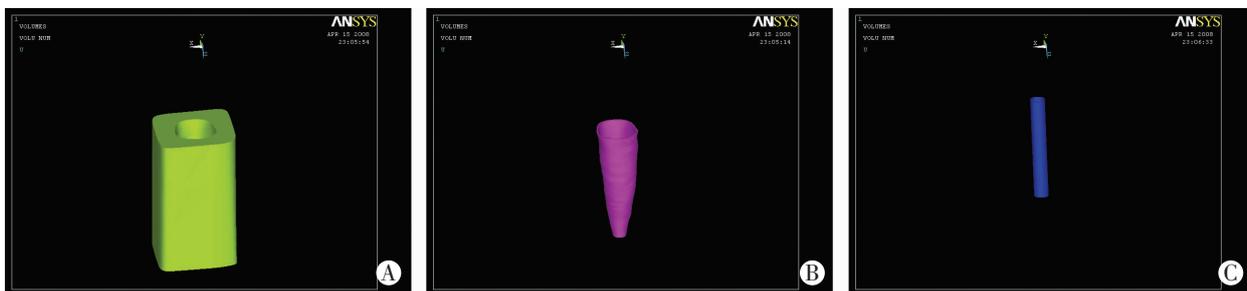
表1 不同粘固剂厚度上颌中切牙牙本质内应力峰值的比较 (p/MPa)

粘固层厚度 (μm)	前伸殆加载		正中殆加载	
	Von Mises 应力	最大主应力	Von Mises 应力	最大主应力
30	214.164	49.734	170.936	84.685
70	208.755	49.001	164.362	83.826
100	205.128	48.076	162.183	79.403



A:上颌中切牙桩核冠修复模型;B:上颌中切牙桩核冠修复模型线图;C:牙本质模型

图1 上颌中切牙桩核冠修复体和牙本质的三维有限元模型



A:牙槽骨模型;B:牙周膜模型;C:桩粘固剂层模型

图2 上颌中切牙桩核冠修复的三维有限元模型的部分体

## 2.2 粘固剂厚度对牙本质内 Von Mises 应力及最大主应力分布的影响

当粘固剂厚度变化时,两种载荷下牙本质的每一种应力分布基本相似,前伸殆加载时3个模型牙本质内 Von Mises 应力和最大主应力集中区均在根尖(图3)。正中殆加载时牙本质内 Von Mises 应力和最大主应力均在舌侧颈缘形成较大值(图4)。

## 2.3 粘固剂厚度对粘固层内剪切力、Von Mises 应力及最大主应力峰值的影响

随着粘固剂厚度增加,粘固剂层内各个方向的剪切力、Von

Mises 应力及最大主应力峰值均呈现下降趋势。见表2、3。

表2 不同粘固剂厚度粘固层各向剪切力峰值的比较 (p/MPa)

粘固层厚度(μm)	前伸殆加载			正中殆加载		
	XY	YZ	XZ	XY	YZ	XZ
30	0.571	2.256	1.511	1.576	7.405	4.581
70	0.294	1.705	1.116	1.496	6.686	3.243
100	0.210	1.095	1.093	1.472	5.734	2.932

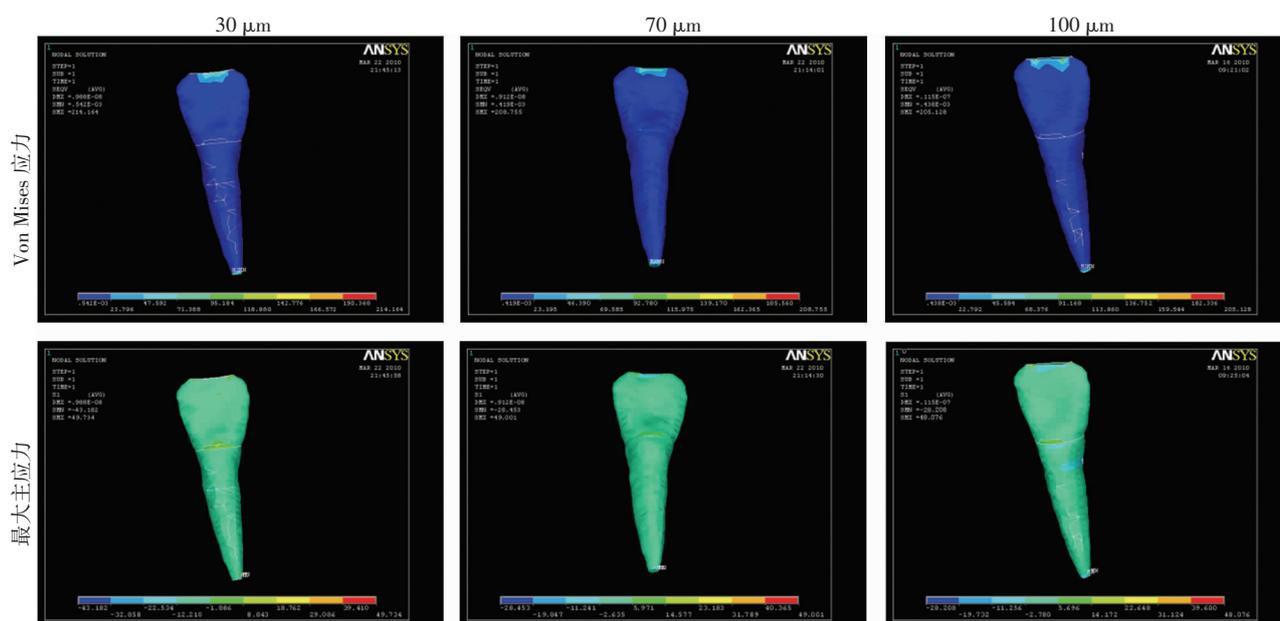


图3 不同粘固剂厚度前伸殆加载时上颌中切牙剩余牙本质 Von Mises 应力与最大主应力分布

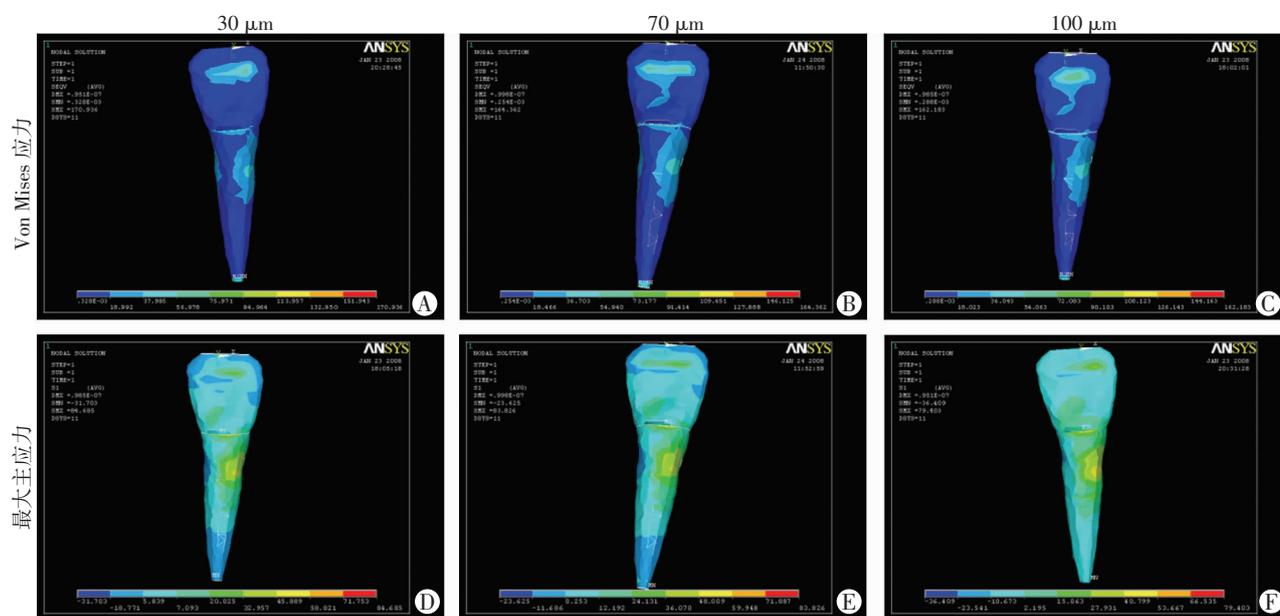


图4 不同粘固剂厚度正中殆加载时上颌中切牙剩余牙本质 Von Mises 应力与最大主应力分布

表3 不同粘固剂厚度粘固层 Von Mises 应力和最大主应力峰值的比较 (p/MPa)

粘固层厚度 ( $\mu\text{m}$ )	前伸殆加载		正中殆加载	
	Von Mises 应力	最大主应力	Von Mises 应力	最大主应力
30	4.277	3.266	15.816	10.557
70	3.670	2.521	13.615	9.910
100	2.721	2.076	12.364	9.299

### 3 讨论

#### 3.1 粘固剂厚度对牙本质的影响

本研究结果显示,在两种加载情况下随着粘固剂厚度从 30  $\mu\text{m}$  增加到 100  $\mu\text{m}$ ,牙本质内 Von Mises 应力峰值和最大主应力峰值略有下降。适当增厚的粘固剂层应力均化作用较好使应力峰值有所降低,但是减少不明显,降低幅度在 1.01% ~ 6.24% 之间。同时,在两种加载情况下各模型牙本质应力分布基本相似,虽然粘固剂层厚度不一样,但是对 Von Mises 应力和最大主应力的分布没有产生影响。本实验设置的粘固剂层厚度分别为 30、70、100  $\mu\text{m}$ ,而牙根牙本质的厚度从 1 至几毫米不等,与牙本质的厚度相比粘固剂层较薄,这是因为粘固剂层本身的厚度变化就很小,不足以使牙本质的应力分布发生改变,因此粘固剂的变化对牙本质的应力影响较小<sup>[11]</sup>。

#### 3.2 粘固剂厚度对粘固剂层的影响

粘固剂层厚度<sup>[12]</sup>有两个概念,这里指粘固剂将修复体粘固于基牙后的厚度。本研究结果显示,两种加载下当粘固剂厚度从 30  $\mu\text{m}$  增加到 100  $\mu\text{m}$ ,粘固剂层在 XY、YZ、XZ 3 个方向上剪切力、Von Mises 应力和最大主应力均表现为下降趋势。国内学者于海洋等<sup>[13]</sup>用 3D-FEA 法分析粘固剂层厚度对瓷贴面应力分布的研究中,粘固剂层也有相似的应力改变。不同厚度之间数值变化很有限,由于粘固层没有直接受力,因此不会引起应力峰值的剧烈变化,但是下降幅度较为显著。以粘固剂 30  $\mu\text{m}$  的模型为参照,在前伸殆加载时粘固剂厚度为 100  $\mu\text{m}$  时,粘固剂层在 XY 和 YZ 方向剪切力峰值下降最为明显,分别达到了 63.22% 和 51.46%, Von Mises 应力和最大主应力分别下降了 36.38% 和 36.44%。

多种因素影响修复体固位<sup>[14-15]</sup>,其中粘固剂起着重要的作用。虽然推荐的修复体最大粘固剂厚度只有 25 ~ 40  $\mu\text{m}$ ,但据大量的研究报道在临床中很难达到此标准。粘固剂厚度在 80 ~ 120  $\mu\text{m}$  的范围内较为实际,冠桥类修复体边缘裂隙最大可接触范围应为 120  $\mu\text{m}$ ,目前这一观点已被广泛接受<sup>[12]</sup>。本实验将粘固剂层厚度选择在 30 ~ 100  $\mu\text{m}$ ,既考虑到理论推荐的数值,又兼顾到临床的实际情况。高应力区下的粘固

剂首先被破坏,这正是引起修复体脱落的原因,降低粘固剂层的应力能够使修复体不易脱落并长期保持,因此分析粘固剂层的应力具有一定的意义。

综上所述,粘固剂厚度变化对粘固剂本身应力状况的影响要显著大于对牙本质应力状况的影响。在一定范围内随着粘固剂厚度的增加,可以降低粘固层各种应力峰值,有利于修复体的长期稳固。当粘固剂厚度超过 100  $\mu\text{m}$  时,对牙本质和粘固剂层的应力状况会产生明显的影响<sup>[12]</sup>,有待今后进一步研究证实。本研究从生物力学角度为临床提供实验依据,基于理想状态的分析还需进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] Peters O A, Paque F. Root canal preparation of maxillary molars with the self-adjusting file: a micro-computed tomography study [J]. J Endod, 2011, 37(1): 53 - 57.
- [2] 梁素霞, 严颖彬. 三维根管治疗术-自适应镍钛根管预备器械研究进展[J]. 牙体牙髓牙周病学杂志, 2013, 23(3): 203 - 206.
- [3] 雷慧云, 陈蕾, 徐国富, 等. 两种树脂水门汀对纤维桩冠方微渗漏的影响[J]. 口腔医学研究, 2011, 27(2): 109 - 112.
- [4] Naumann M, Sterzenbach G, Rosentritt M, et al. Is adhesive cementation of endodontic posts necessary? [J]. J Endod, 2008, 34(8): 1006 - 1010.
- [5] 毕振宇, 刘阳, 黄文华. 有限元分析法在口腔生物力学领域的应用[J]. 解剖科学进展, 2009, 15(4): 427 - 431.
- [6] 冯海兰, 徐军. 口腔修复学[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2005: 61 - 67.
- [7] Watanabe M U, Anchieta R B, Rocha E P, et al. Influence of crown ferrule heights and dowel material selection on the mechanical behavior of root-filled teeth: a finite element analysis[J]. J Prosthodont, 2012, 21(4): 304 - 311.
- [8] 康成容, 魏素华, 张美超, 等. 纤维桩修复上颌中切牙的三维有限元研究[J]. 华西口腔医学杂志, 2008, 26(4): 430 - 434.
- [9] Okamoto K, Ino T, Iwase N, et al. Three-dimensional finite element analysis of stress distribution in composite resin cores with fiber posts of varying diameters[J]. Dent Mater J, 2008, 27(1): 49 - 55.
- [10] 刘诗铭, 刘玉华, 徐军. 牙槽骨高度对上颌前磨牙桩核冠修复后应力分布的影响[J]. 北京大学学报:医学版, 2013, 45(1): 44 - 49.
- [11] 梁猛猛, 何惠明, 孔亮, 等. 纤维桩和黏结剂的弹性模量对纤维桩修复应力的影响[J]. 牙体牙髓牙周病学杂志, 2008, 18(4): 200 - 203.
- [12] 徐君伍. 口腔修复理论与临床[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1999: 366 - 374.
- [13] 于海洋, 杜传诗, 巢永烈. 3D-FEA 法分析粘固层厚度对三型瓷贴面复合体应力分布影响的比较研究[J]. 临床口腔医学杂志, 1998, 14(3): 147 - 149.
- [14] 张野, 夏海斌. 影响全冠固位的因素[J]. 口腔颌面修复学杂志, 2008, 9(3): 235 - 237.
- [15] 王宁, 刘晓, 骆小平. 3 种树脂粘接水门汀与铸造纯钛粘接强度研究[J]. 口腔医学研究, 2011, 27(8): 706 - 709, 712.

(收稿:2013-02-03;修回:2013-05-03)

(编辑 栾 嘉)