重庆维普 http://www.cqvip.com

文章编号:0253-3626(2008)09-1124-03

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

孟 琳,付 钢,夏 熹,李苏伶,王 璐

(重庆医科大学附属口腔医院修复科,重庆 400015)

【摘 要】目的:采用三维有限元方法,比较不同粘接剂对后牙残根桩核冠修复体剩余牙本质和粘接界面上应力大小及其分布的影响,探讨后牙残根桩核冠修复时合理选用桩核粘接材料。方法:采用 CT 扫描,Mimics 软件及 Abaqus 软件建立上颌第一磨牙桩核冠的三维有限元模型。其模型包括桩核、冠、牙根、牙周膜、牙槽骨和粘接剂。根据粘接剂的不同,将上述上颌第一磨牙桩核冠的三维有限元模型分为不同实验组。在模型咬牙合面选取 3 个载荷点,分别施加 80N 的加载力值,计算各实验组中剩余牙本质和粘接剂粘接界面上的 Von mises 应力、最大主应力、剪切应力的应力峰值及其上应力分布方式。结果:在不同粘接剂实验组中,复合树脂粘接剂组粘接剂粘接界面上的各项应力峰值均要低于磷酸锌粘接剂组者。结论:在本实验研究条件下,不同粘接剂对后牙残根桩核冠修复体剩余牙本质和粘接剂界面上的应力峰值和应力分布有影响。

【关键词】三维有限元;应力;桩核冠

【中国图书分类法分类号】R783.1 【文献标识码】A 【收稿日期】2007-10-31

Three dimensional finite element stress analysis of the post-core crown restored posterior stump of teeth with different adhesives

MENG Lin, et al

(*Department of Prosthodontics, the Affilliated Stomatology Hospital, Chongqing Medical University*)

【Abstract】*Objective*: To compare the effects on the size and distribution of stress of different adhesives on post-core crown restored posterior stump of teeth dentin, to discover reasonable post-crown adhesive material of posterior stump of teeth post-core crown, by three dimensional finite element analyses. *Methods*: Establish three dimensional finite element models of maxillary first molar post-core crown by CT scanning, Mimics and Abaqus software, which include post core, crown, tooth root, pericementum, alveolar bone and adhesive material. Divide above models into experimental and control group according to the relative adhesive material. Choose three load spots on the occlusal surface of this model, and exert 80N loading strength on each. Then calculate the peak value and distribution mode of Von mises stress, max-principle stress and shear stress. *Results*: In the different adhesive material experimental groups, the peak value of the stress on the dentin of the composite resin group was lower than those in zinc phosphate groups. *Conclusion*: On the condition of this experiment, different adhesives have different effects on the peak value and distribution of the stress on the post-core crown restored posterior stump of teeth dentin.

【Key words】 Three dimensional finite element; Stress; Post-core crown

随着根管治疗有效而广泛地开展,使得后牙的各种残冠和残根通过桩核冠修复方式得以更多地有效保留。对于桩核冠修复体应力及其分布的研究一直是口腔修复力学研究的热点。桩核粘结材料选择时,不仅要考虑其所能提供的固位力,也要考虑其材料本身在应力条件下的抗破坏能力。因为就力学特性而言,粘接剂是修复体内应力向基牙转移和分散的中间介质,其弹性模量和机械性能的差异对应力的分散和转移有重要影响。因此,不同粘接材料所在粘接界面的应力大小及其分布将直接影响桩核修复体的固位力甚至是抗折性,其结果最终将影响桩核冠修复体的效果和寿命。不同粘接材料的选择与剩余牙本质及粘接界面应力关系如何,何种粘接材料才能达到最合理的应力学结果,国内外均尚未见文献报道。本实验通过三维有限元的方法,研究了在后牙残根桩核冠修复中不同粘接材料对剩余牙本质及其粘接界面应力大小和分布的影响,以便为后牙残根

作者介绍:孟 琳(1981-),女,硕士,
研究方向:口腔材料。

通讯作者:王 璐,男,副教授,E-mail:wanglu19631013@163.com。

重庆维普 http://www.cqvip.com

的桩核冠临床修复提供相应的实验理论数据，从而更好地指导临床合理设计后牙残根的桩核冠修复。

1 材料与方法

1.1 材料、食品及设备

牙弓形态基本对称、牙列完整、咬牙合关系良好、牙冠解剖形态及牙根长度正常的人头颅标本 1 例，美国 GE 公司的 CT 机，PC 机， Mimics 软件，Abaqus 软件。

1.2 拍摄 CT 图片

将牙弓形态基本对称、牙列完整、咬牙合关系良好、牙冠解剖形态及牙根长度正常的人头颅标本放于 CT 机扫描平台上，并将其摆放为其上牙的牙长轴与 CT 扫描截面垂直的位置。CT 扫描的条件为 120kV，100Ma。自颅顶至下颌骨对头颅模型进行连续扫描。扫描的间距为 0.5mm。

1.3 CT 图片的处理

在 PC 机上使用 Mimics 软件读取 CT 数据，根据灰度值的差异，在 Mimics 里通过阈值化操作，提取上颌第一磨牙牙齿结构的相关信息，并通过其 Calcalute 3D 功能得到精确的上颌第一磨牙的 3D 几何模型。

1.4 三维有限元模型的形成

Abaqus 软件读取所建立上颌第一磨牙 3D 几何模型数据，然后按 Abaqus 的 CAD 进行牙体三维模型实体建模。在建好的上颌第一磨牙牙体三维模型上，以釉牙本质线为界将牙体分为牙冠和牙根两部份。在牙冠部运用 Abaqus 软件中布尔运算功能中的相减功能，按上颌第一磨牙牙冠外形减去约 2mm 厚的外层牙体组织，而剩余的内层牙体组织即形成桩核的核体模型。同时在上颌第一磨牙釉牙本质交界处形成 1mm 的肩台。而由上述布尔运算相减功能减去的 2mm 厚的外层牙体组织即为三维模型中全冠的模型。

桩核桩的生成：在上述上颌第一磨牙牙体牙根部的三维几何模型上，用直接生成模型体的方法生成腭根根桩模型体、近中颊根根桩模型体和远中颊根根桩模型体。分别取腭根根桩模型体的桩长为腭根根长的 2/3 或 1/2，桩径为腭根根径的 1/3，近、远中颊根根桩模型体的桩长为其各自根长的 1/2，桩径为其各自根径的 1/3。

牙周膜用 0.2mm 厚的壳单元模拟，粘结剂用 0.1mm 厚的壳单元模拟。

1.4.4 划分单元获得网格模型 采用 Abaqus 自动网格划分方式进行网格划分，在这种自由网格划分方式条件下，其单元的选择取决于所剖分实体的几何特征及行为特征。对上述上颌第一磨牙的牙体及桩核冠三维几何模型进行网格划分后，共生成 8 个有限元单元体，其单元数为 118 426，节点数为 20 594，均为四节点四面体单元。

1.5 实验分组

磷酸锌粘接剂组和复合树脂粘接剂组。

1.6 载荷条件

载荷条件为：加载部位位于牙冠牙合面中心区域的 3 个着力点上，力的方向均与牙长轴平行，每个加载点上的载荷大小为 80N，3 个载荷点的载荷共计 240N。

1.7 模型假设条件和主参数设置

模型的假设条件：模型中假设所有材料均为均质性，各向同性线性弹性体。

边界约束条件：牙槽骨固定约束。

主要参数指标见表 1。

表 1 主要材料弹性模量表

材料	弹性模量(Gpa)	泊松比
牙本质	18.6	0.31
牙周膜	0.068 9	0.45
骨皮质	13.7	0.30
骨松质	1.37	0.30
钛合金	112	0.33
氧化锆	200	0.33
中熔合金	101	0.25
磷酸锌粘接剂	22.4	0.25
树脂粘结剂	8.0	0.30
铸造玻璃陶瓷	69.0	0.28

2 结 果

不同粘接剂粘结的后牙残根桩核冠修复体粘接剂界面上的 Von mises 应力、最大主应力、剪切应力的应力峰值(Mpa)，见表 2。

不同粘接剂粘结的后牙残根桩核冠修复体剩余牙本质上的 Vonmises 应力、最大主力、剪切应力的应力峰值(Mpa)，见表 3。

不同粘接剂粘结的后牙残根桩核冠修复体粘接剂界面上的剪切应力分布方式图，见图 1、2。

3 讨 论

在对桩核粘结材料选择时，不仅要考虑其所能

表 2 不同粘接剂粘结的后牙残根桩核冠修复体粘接剂界面上的 Von mises 应力、最大主应力、剪切应力的应力峰值

粘接剂	桩核形态	材料	Von mises 应力	最大主应力	剪切应力
磷酸锌粘接剂	桩长为腭根根长 2/3，近、远中颊根根长 1/2	中熔合金	9.52	10.51	5.592
复合树脂粘接剂	桩长为腭根根长 2/3，近、远中颊根根长 1/2	中熔合金	3.22	3.496	0.791 2

重庆维普 http://www.cqvip.com

表 3 不同粘接剂粘结的后牙残根桩核冠修复体剩余牙本质上的 Von mises 应力、最大主力、剪切应力的应力峰值

粘接剂	桩核形态	材料	Von mises 应力	最大主应力	剪切应力
磷酸锌粘接剂	桩长为腭根根长 2/3,近、远中颊根根长 1/2	中熔合金	15.94	4.675	1.887
复合树脂粘接剂	桩长为腭根根长 2/3,近、远中颊根根长 1/2	中熔合金	17.74	5.888	2.393

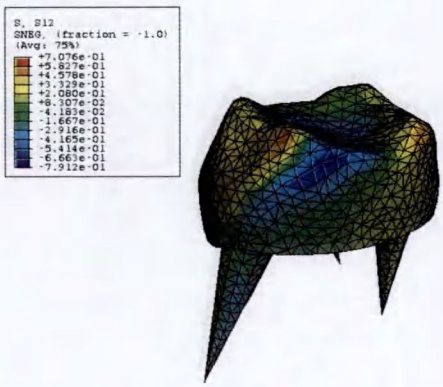


图 1 磷酸锌

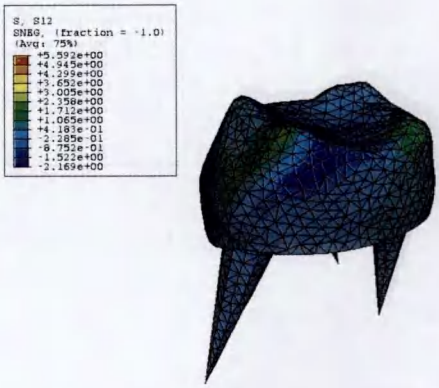


图 2 复合树脂

提供的固位力,也要考虑其材料本身在应力条件下的抗破坏能力。因为就力学特性而言,粘接剂是修复体内应力向基牙转移和分散的中间介质,其弹性模量和机械性能的差异对应力的分散和转移有重要影响。

在三维有限元研究中,剪切应力主要位于桩的粘接剂和牙本质界面间,其可以导致牙 - 桩粘结界面的破坏,因而本实验选择剪切应力去评估桩粘接力被破坏的风险。Li 的研究提示:粘接剂弹性模量越高在牙本质上产生的应力峰值越小,但是在粘接剂自身上产生的应力峰值越大。本实验中的结果与之是一致的[7]。同时,根据本实验条件下的结果,我们也发现尽管粘接剂弹性模量对牙本质的应力峰值有影响,但是效果并不明显,其原因在于粘接剂虽有重新分布剩余牙本质上应力的作用,但是这种作用随着桩弹性模量的升高就变得不明显了[8]。而本实验中桩核的材料是中熔合金,其弹性模量是远高于牙本质的,因而也产生了上述结果。本实验中,随着粘接剂弹性模量的升高,粘接剂层的剪切应力峰值增大,这对在 5~10MPa 剪切应力作用下就将丧失固位力的磷酸锌粘接剂是十分不利的,而低弹性模量的树脂粘接系统在本实验条件下就显示出了其较好的力学性能。再者,磷酸锌粘接剂与树脂粘接系统粘结原理不同,磷酸锌粘接剂是通过其与牙本质和桩核材料二者间的机械嵌合而把桩粘固在牙本质上的,树脂粘接系统则是通过树脂材料与牙本质和桩核间通过化学键产生螯合而粘结在一起的。因此,具有粘结性能的树脂粘结剂还能减少剩余牙本质上的应力大小,这对防止根折是十分有利的,这也是实验中的一个发现。综上所述,本实验的结果数据提示临床上在选择桩核材料的粘接剂是应该优先选取复合树脂。

参 考 文 献

[1] Holmes DC, Diaz-Arnold AM, Leary JM. Influence of post dimension on stress distribution in dentin[J]. Prosthet Dent, 1996;75(2):140-147.

[2] Toparli M. Stress analysis in a post-restored tooth utilizing the finite element method[J]. Oral Rehabil, 2003;30(5):470-476.

[3] Christel P, Meunier A, Heller M, et al. Mechanical properties and short-term in-vivo evaluation of yttrium-oxide-partially-stabilized zirconia[J]. Biomed Mater Res, 1989;23(1):45-61.

[4] Ho MH, Lee SY, Hsiang HC, et al. Three-dimension finite analysis of the effects of posts on stress distribution in dentin[J]. Prosthet Dent, 1994;72:367.

[5] Attar N, Tam LE, McComb D. Mechanical and physical properties of contemporary dental luting agents [J]. Prosthet Dent, 2003;89(2):127-134.

[6] Yaman SD, Alacam T, Yaman Y. Analysis of stress distribution in a maxillary central incisor subjected to various post and core applications[J]. Endod, 1998;24(2):107-111.

(下转第 1129 页)

重庆维普 http://www.cqvip.com

反映肝功能损害最为敏感的指标，当肝细胞损害出现肝内胆汁淤积时，可出现 ALP、GGT 以及 TB(或 DB)不同程度的升高。这些结果已有文章证实[7]。但有的文献报道 Graves 病合并肝功能损害以 ALP 升高常见[8]，还有的文献报道以 GGT 升高为主[9]。这主要可能与研究对象的选择、肝损害诊断标准的差异有一定的关系。

我们的研究还发现，甲亢合并肝功能损害的患者较无肝损害者病程较长，年龄较大，血 FT3、FT4水平明显增高，这与文献报道相一致[7,10]。因此对年龄较大、病程长、病情重的甲亢患者更应重视肝脏功能检查，必要时应予积极护肝治疗。甲亢性肝损害治疗以控制甲亢为主，同时辅以保肝治疗[11]。随着甲亢的缓解，上述指标也随之下降，最终达到正常。如诊断及时，治疗积极，甲亢合并肝功能损害的患者预后良好。

本文目的旨在提醒临床医师要认识甲亢性肝功能损害，对已确诊的甲亢患者在行药物治疗前应先行肝功能检查。尽早的诊断和治疗 Graves 病，早期及时地发现由于甲亢造成的肝损伤，对临床治疗和患者预后有着重大意义。

参 考 文 献

[1] Videla LA,Sm ok G,Troncoso P,et al.Influence of hyperthyroidism on lindane induced-hepatotoxicity in the rat[J].Biochem pharmacol, 1995;50(10):557.

[2] 张晓梅，徐文媛.59 例甲状腺功能亢进症病人肝功能测定的临床观察[J].中国地方病防治杂志，2006;21(2):127-128.

[3] 曾民德，萧树东.肝脏与内分泌[M].北京：人民卫生出版社，1995. 96.

[4] Peeters RP,Friesema EC,Docter R,et al.Effects of thyroid state on the expression of hepatic thyroid hormone transporters in rats[J]. Am J Physiol Endocrinol Metab,2002;283(6):E1232-1238.

[5] 刘新民.实用内分泌学[M].第 2 版.北京：人民军医出版社，1997.523.

[6] 陈瑞平.^{131}I治疗甲亢合并黄疸的疗效观察[J].广西医科大学学报，1999;16(2):19.

[7] 冯正平，王富华.甲状腺机能亢进症患者肝功能改变及影响因素的初探[J]. 第三军医大学学报，2005;27(3):212

[8] Huang MJ,Li KL,Wei JS,et al.Sequential liver and bone biochemical changes in hyperthyroidism:Prospective controlled follow-up study[J]. Am J Gastroenterol,1994;89(6):1071-1076.

[9] 崔罗林，张玉慧.甲状腺功能亢进伴肝损害的临床观察[J].中华现代内科学杂志，2004;1(5):461-462.

[10] 张莉玲.78 例甲状腺功能亢进患者肝功能损害分析[J].广东医学，1998;19(4):273.

[11] Viallard JF,Tabarin A,Nean D,et al. Hyperhyroidism with severe intrabepatic eholestasis[J]. Dig Dis Sci,1999;4(10):2001.

(责任编辑：关蕴良)

(上接第 1120 页)

68-75.

[6] YE L,ZHANG HY,Wang H,et al. Effects of transforming growth factor beta 1 on the growth of rhabdomyosarcoma cell line RD[J]. Chin Med J,2005;118(8):678-686.

[7] Sanz Gonzalez SM,Melero Fernandez de Mera R,Malek NP,et al. Atheroma development in apolipoprotein E-null mice is not regulated by phosphorylation of p27(Kip1)on threonine 187[J]. J Cell Biochem,2006;97(4):735-743.

[8] Sui L,Dong Y,Ohno M,et al. Implication of malignancy and prognosis of p27 (kip1),Cyclin E,and Cdk2 expression in epithelial ovarian tumors[J]. Gynecol Oncol,2001;83(1):56-63.

[9] Jordan S,Lidhar K,Korbonits M,et al. Cyclin D and cyclin E expression in normal and adenomatous pituitary[J]. Eur J Endocrinol, 2000;143(1):R1-6.

(责任编辑：关蕴良)

(上接第 1126 页)

[7] Li LL,Wang ZY,Bai ZC,et al.Three-dimensional finite element analysis of weakened roots restored with different cements in combination with titanium alloy posts[J]. Chin Med J(Engl),2006;119 (4):305-311.

[8] Lanza A,Aversa R,Rengo S,et al. 3D FEA of cemented steel, glass and carbon posts in a maxillary incisor[J]. Dent Mater,2005; 21(8):709-715.

(责任编辑：冉明会)