

· 论 著 ·

# 不同切端全瓷贴面的破坏力学分析

刘天爽<sup>1</sup> 樊成<sup>2</sup> 李振春<sup>3</sup> 陈小冬<sup>3</sup>

(1.大连市口腔医院特诊科 大连 116021;

2.大连大学材料破坏力学研究中心 大连 116622; 3.大连市口腔医院修复科 大连 116021)

**[摘要]** 目的 应用真实破裂过程分析(RFPA)软件分析不同切端瓷贴面的破坏过程。方法 使用 RFPA 软件在模拟的上颌中切牙矢状面解剖外形上,根据临床常用的 4 种牙体预备外型:I 型、L 型、U 型和贴面冠型,建立全瓷贴面模型 12 种,分析比较不同设计的瓷贴面复合体的破损过程。结果 不同切端类型的瓷贴面在对刃殆加载条件下,破损出现的位置均在粘接剂层。I 型和 L 型最先出现粘接剂破损的位置在切端贴面与牙体交界区,U 型和贴面冠型则在舌侧贴面与牙体交界区或颈缘。I 型、U 型和贴面冠型所承受的最大负荷间无明显差异,L 型承受的最大对刃殆负荷明显小于其他 3 种设计。结论 提高贴面复合体强度的最直接方法就是选择高强度的粘接剂,L 型贴面复合体的抵抗对刃殆负荷能力较差。

**[关键词]** 瓷贴面; 二维有限元分析; 真实破裂过程分析

**[中图分类号]** R 783.3 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.3969/j.issn.1673-5749.2012.05.002

**Destructive analysis on porcelain laminate veneers of different designs** Liu Tianshuang<sup>1</sup>, Fan Cheng<sup>2</sup>, Li Zhenchun<sup>3</sup>, Chen Xiaodong<sup>3</sup>. (1. Dept. of Special Diagnosis, Dalian Stomatological Hospital, Dalian 116021, China; 2. Center for Material Failure Modeling Research, Dalian University, Dalian 116622, China; 3. Dept. of Prosthodontics, Dalian Stomatological Hospital, Dalian 116021, China)

**[Abstract]** **Objective** To study the destructive process of porcelain laminate veneers of different designs by using real fracture process analysis(RFPA) software. **Methods** The labial-lingual sections of upper central incisor were modeled by using RFPA. The destructive processes of twelve porcelain veneer models with four different designs: I type, L type, U type and veneer crown type, were analyzed by RFPA. **Results** Breakage of cement layer appeared in the first instance under edge to edge load. I type and L type design showed breakage location was at the incisal edge between the veneer and the abutment. U type and veneer crown type design showed breakage location was at the lingual edge between the veneer and the abutment or shoulder edge. Model of L type design supported lower load than the others. **Conclusion** Choosing high strength cement would raise the strength of veneer-tooth complex. Model of L type design supported lower load than the others at edge to edge conclusion.

**[Key words]** porcelain laminate veneer; two-dimensional finite element analysis; real fracture process analysis

全瓷贴面在长期使用后易发生脱落或折裂,全瓷贴面切端的设计直接影响修复后的美容效果和远期效果,对瓷贴面的破坏力学分析可为临床设计提供理论依据。本研究应用真实破裂过程分析(real fracture process analysis, RFPA)软件建立包括釉质、牙本质、粘接剂和瓷贴面的牙齿模型,对不同切端设计的瓷贴面的破裂过程进行了数值分析。

## 1 材料和方法

### 1.1 瓷贴面复合体模型的建立

根据 Wheeler 提供的上颌中切牙平均坐标图<sup>[1]</sup>,结合上颌中切牙釉质厚度数据,使用 RFPA 软件(大连大学破坏力学实验中心研制)建模工具生成上颌中切牙矢状面解剖外形。根据临床常用的 4 种全瓷贴面的设计外型:I 型、L 型、U 型<sup>[2]</sup>和贴面冠型<sup>[3]</sup>边缘预备,在上颌中切牙矢状面上建立模型 12 种。

模型 1~3:I 型,基牙唇面分别预备 0.5、1.0、1.5 mm 至切端,作浅凹边缘预备,不完全破坏切

[收稿日期] 2011-08-15; [修回日期] 2012-06-12

[基金项目] 大连市优秀青年科技人才基金资助项目(2009J22DW033)

[作者简介] 刘天爽(1973—),男,吉林人,副主任医师,硕士

[通讯作者] 刘天爽, Tel: 0411-84625234-8207

嵴，边缘终止于切嵴唇侧，粘接厚度 25 μm。模型 4~6：L 型，基牙唇面分别预备 0.5、1.0、1.5 mm 至切端，切端减少 2.0 mm，对接边缘设计，粘接厚度 25 μm。模型 7~9：U 型，基牙唇面分别预备 0.5、1.0、1.5 mm 至切端，切端减少 1.0 mm，预备 1.0 mm 腭侧浅凹边缘，粘接厚度 25 μm。模型 10~12：贴面冠型，基牙唇面分别预备 0.5、1.0、1.5 mm 至切端，切端减少 1.0 mm，预备 1.0 mm 腭侧浅凹边缘至颈 2/3，粘接厚度 25 μm。

贴面材料设定为 IPS Emprss（义获嘉伟瓦登特公司，列支敦士登），贴面与基牙通过树脂粘接剂设定为 3M 树脂粘接剂(3M 公司，美国)。

### 1.2 破坏力学分析

使用 RFPA 软件自动与手工结合，将 12 种试验模型划分成有限元模型单元和节点。加载部位在切缘，模拟中切牙切割食物时的受力状态。加载方向与牙长轴平行，加载量由 0 N 起逐渐增加至贴面复合体破损。模拟加载时设定模型处于固定状态，固定点位于釉牙本质界下 1.0 mm 处，限定水平和垂直方向无位移。模型采用集中载荷，将上颌中切牙顶端节点的所有自由度予以刚性约束，以阻止其位移。模型材料和组织假设为边界的各向同性的均质线弹性材料，材料变形为小变

形。设定材料在各个方向上的力学性质完全相同，瓷贴面、粘接层和牙体组织间无相对滑动。记录模型破坏时的破损位置及模型破损时承受的负荷数值。

### 1.3 材料的力学参数

破坏力学分析时，IPS Emprss 陶瓷的弹性模量设定为 70 GPa，泊松比设定为 0.25；粘接剂的弹性模量设定为 20 GPa，泊松比设定为 0.24；釉质的弹性模量设定为 50 GPa，泊松比设定为 0.30；牙本质的弹性模量设定为 12 GPa，泊松比设定为 0.23。

### 1.4 统计方法

应用 RFPA 软件模拟对刃殆加载状态，对不同设计的瓷贴面进行应力分析。比较并记录不同设计的瓷贴面复合体的破损位置和破损时的应力值。采用 SPSS 17.0 统计软件对各组负荷值进行单因素方差分析，若各组间差异有统计学意义，则应用 SNK 法进行均数间的两两比较，检验水准为双侧 0.05。

## 2 结果

模型 1~12 在破损时的模拟图像见图 1，对应的负荷值见表 2。

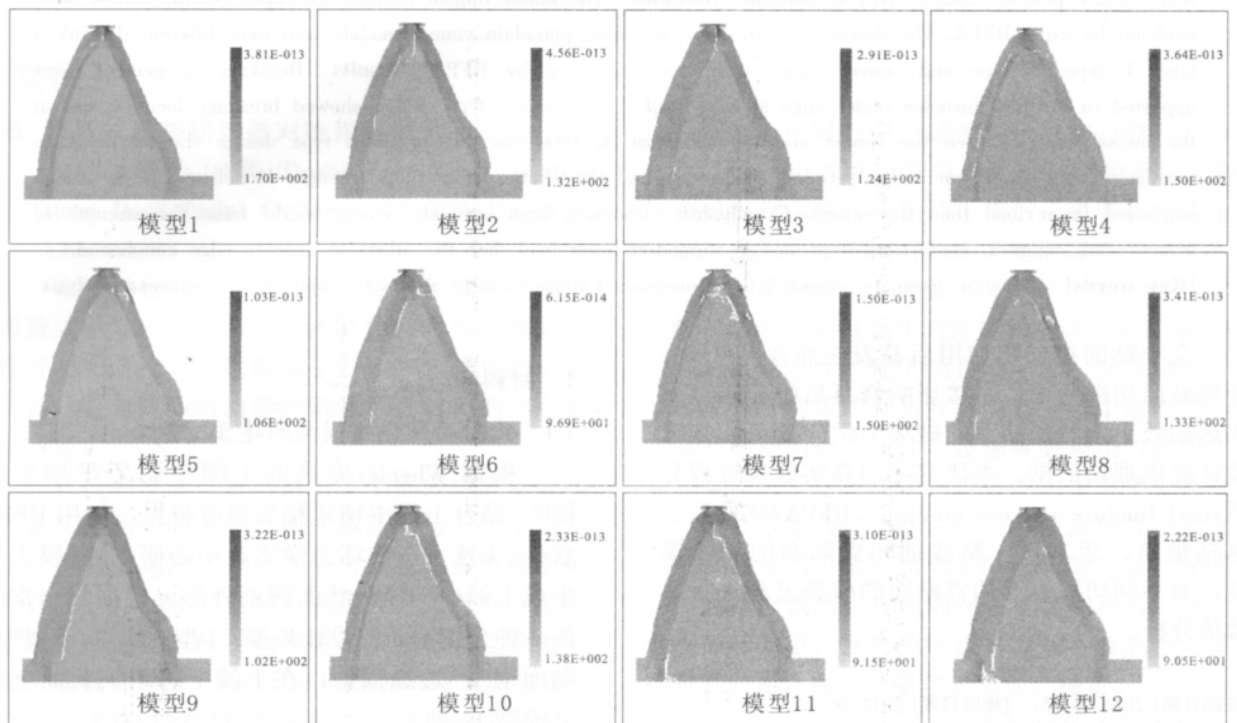


图 1 模型 1~12 破损时的模拟图像

Fig 1 Bearing damaged analog images of model 1-12

表 2 不同切端设计贴面受力破损时的负荷

Tab 2 Loads on veneers of different designs bearing damaged N

| 切端设计        | I 型    | L 型   | U 型    | 贴面冠型   |
|-------------|--------|-------|--------|--------|
| 唇面预备 0.5 mm | 119.47 | 76.35 | 113.27 | 102.18 |
| 唇面预备 1.0 mm | 110.19 | 75.39 | 94.06  | 90.16  |
| 唇面预备 1.5 mm | 110.67 | 73.06 | 110.86 | 94.56  |

试验结果显示,不同切端类型的瓷贴面在对刃殆加载条件下,其切端的应力值明显升高,贴面复合体破损出现的位置都在粘接剂层。I型和L型最先出现粘接剂破损的位置在切端贴面与牙体交界区,U型和贴面冠型的在舌侧贴面与牙体交界区或颈缘。I型、U型和贴面冠型所承受的最大负荷间无明显差异,L型承受的最大对刃殆负荷明显小于其他3种设计。

### 3 讨论

牙科陶瓷材料具有与人自然牙相似的色泽,在口腔环境中具有较好的化学稳定性和生物相容性,耐磨损、质地致密、表面光滑且与自然牙具有相似的热膨胀系数,为口腔美容修复的重要材料。随着粘接和酸蚀技术的发展,瓷贴面技术在临床上得以广泛应用,成为修复前牙牙体缺损和牙色异常的重要方法<sup>[4]</sup>。

贴面复合体的受力模式主要有正常覆殆加载(加载在舌侧中1/3与切1/3交界处,与瓷贴面未接,与牙长轴呈45°)和对刃殆加载(加载部位在切缘,与牙长轴平行)。本文研究的对刃殆加载是咬硬物时常见的受力状态,也是贴面复合体最容易出现破损的情况。结果显示,不同切端类型的瓷贴面在对刃殆加载条件下,其切端的应力值均明显升高,贴面复合体破损出现的位置都在粘接剂层,因此,提高贴面复合体强度的最直接方法就是选择高强度的粘接剂。

影响瓷贴面复合体的应力传导和分布的因素较多,主要包括瓷贴面厚度、贴面包绕基牙的方式和受力方向等。瓷贴面的厚度:薄型为0.5~0.8 mm,厚型为1.0~1.5 mm。针对基牙邻面和切端的预备瓷贴面可分为4型:I型(唇面覆盖/开窗)、L型(唇切缘覆盖/对接)、U型(唇切邻面覆盖/包绕)和贴面冠型(360°贴面)。不同类型的贴面适应证和达到的美观效果也有很大差别。一般

来说牙体预备量越大的设计,美观效果改善的程度也越大。本研究显示,I型、U型和贴面冠型间所承受的最大对刃殆负荷无明显差异,而L型承受的最大负荷明显小于其他3种设计,L型贴面复合体最先出现粘接剂的破损。粘接剂破损后,贴面复合体大多脱落,没脱落的也会在粘接剂破损区造成基牙的继发龋坏。

口腔修复体形态结构十分复杂,随着计算机技术的成熟,许多数值计算方法被用来模拟计算口腔修复体的受力条件及其内部应力分布。胡晓阳等<sup>[5]</sup>对不同切端设计瓷贴面的应力分布进行了三维有限元法分析,结果表明切端对接型瓷贴面在正中加载条件下应力和变形明显大于切端包绕型的瓷贴面。樊聪等<sup>[6]</sup>采用有限元大型结构分析软件系统对可能影响瓷贴面粘接层应力分布的诸多因素进行分析后发现,瓷贴面粘接层的应力主要集中于切端及颈部的粘接点。然而对于修复体破裂过程的研究鲜有报道。

本课题应用大连大学研制的RFPA软件,研究瓷贴面包绕基牙的4种常见方式对全瓷贴面破坏的影响。通过RFPA软件能够直观连续地观察到贴面复合体结构内部各应力场的分布,以及裂纹的萌生、扩展直至整个贴面复合体完全破坏的全过程。本研究结果显示,在应力作用下贴面复合体破损出现的位置都在粘接剂层,对接型贴面复合体最先出现粘接剂破损,与以往研究结果相一致,可为临床设计提供一定的理论依据。

### 4 参考文献

- [1] Wheeler RC. A textbook of dental anatomy and physiology[M]. 4th ed. Philadelphia: W. B. Saunders Co., 1965: 134.
- [2] Clyde JS, Gilmour A. Porcelain veneers: A preliminary review[J]. Br Dent J, 1988, 164(1): 9-14.
- [3] 刘天爽, 陈小冬. 瓷贴面基底烧结饰面瓷的临床应用研究[J]. 华西口腔医学杂志, 2007, 25(5): 447-449.
- [4] Burke FJ, Fleming GJ, Nathanson D, et al. Are adhesive technologies needed to support ceramics? An assessment of the current evidence[J]. J Adhes Dent, 2002, 4(1): 7-22.
- [5] 胡晓阳, 邓旭亮, 王威. 不同切端设计类型瓷贴面的三维有限元应力分析[J]. 现代口腔医学杂志, 2004, 18(6): 510-512.
- [6] 樊聪, 冯海兰, 刘莉. 对瓷贴面粘接层的有限元应力分析[J]. 实用口腔医学杂志, 2003, 19(4): 308-311.

(本文编辑 张玉楠)