

不同核心瓷与饰面瓷厚度比对氧化锆双层瓷结构强度的影响**

施海兰, 胡书海, 张磊, 任翔, 左恩俊

Different thickness ratios of core to veneer influence the flexural strength of bilayered zirconia ceramic

Shi Hai-lan, Hu Shu-hai, Zhang Lei, Ren Xiang, Zuo En-jun

Abstract

BACKGROUND: Zirconia ceramic has superior strength and toughness to traditional feldspar porcelain and alumina ceramic; however, the flexural strength relates to the thickness ratio of core to veneer.

OBJECTIVE: To evaluate the effect of different core: veneer thickness ratios to veneer on the flexural strength and failure mode of bilayered dental ceramic sheet specimens.

METHODS: Zirconia ceramic blocks (15 mm×5.0 mm) after sintering were cut into 30 sheets with low speed saw according to the following thickness: 0.5 mm, 0.8 mm, 1.0 mm, 1.2 mm, 1.5 mm and 2.0 mm. After veneering porcelain was fired, all bilayered ceramic sheets and simple zirconia sheets had same specimen thickness of 2.0 mm and equally divided into six groups of five each according to core: veneer thickness ratio: A group (1:3), B group (2:3), C group (1:1), D group (3:2), E group (3:1) and F group of simple zirconia as control. All specimens were mounted in a custom-made jig (span: 12 mm) and subjected to a 3-point flexural testing in a universal testing machine. Recorded maximum load (N) of each specimen and calculated flexural strength (MPa).

RESULTS AND CONCLUSION: Mean flexural strength (MPa) of 6 groups were as follows: A group (522.17±41.11), B group (664.00±68.44), C group (695.06±31.16), D group (794.10±46.11), E group (843.20±38.22) and F group (926.89±44.46). The strength of bilayered ceramic specimens was smaller than simple zirconia ceramic. There was statistically significant difference between any two of six groups except B and C, D and E. The number of fracture fragments in A and B groups was higher than that in the other groups, and most of specimens presented with delaminations in A and B groups and no in the others. Different core: veneer thickness ratios could significantly influence the flexural strength and failure mode of bilayered zirconia and veneering porcelain materials, and flexural strength could be enhanced with the increase of core: veneer thickness ratio.

Shi HL, Hu SH, Zhang L, Ren X, Zuo EJ. Different thickness ratios of core to veneer influence the flexural strength of bilayered zirconia ceramic. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2012;16(3): 499-502.

[http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

背景: 氧化锆陶瓷的强度和韧性均优于传统的长石瓷和氧化铝陶瓷, 其双层瓷结构的弯曲强度与核心瓷/饰面瓷厚度比相关。

目的: 分析不同核心瓷与饰面瓷厚度比对氧化锆双层瓷结构强度及断裂方式的影响。

方法: 将完全烧结的氧化锆块切割成 0.5, 0.8, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0 mm 6 种不同厚度的氧化锆瓷片, 除 2.0 mm 厚度组(对照组)外, 用自制磨具在 0.5, 0.8, 1.0, 1.2, 1.5 mm 厚度的氧化锆瓷片上堆塑饰面瓷, 使得核心瓷与饰面瓷的厚度比分别为 1:3, 2:3, 1:1, 3:2, 3:1。

结果与结论: 随着核心瓷与饰面瓷厚度比的增加, 氧化锆双层瓷结构强度也随之增强。除核心瓷与饰面瓷厚度比 2:3 组与 1:1 组、3:2 组与 3:1 组间差异无显著性意义外($P > 0.05$), 其余组间差异均有显著性意义($P < 0.05$)。核心瓷与饰面瓷厚度比为 1:3、2:3 组均出现分层, 断裂碎片在 3 片以上, 而其他 4 组样本未出现分层, 断裂碎片多为 2 片。表明核心瓷/饰面瓷厚度比可显著影响氧化锆双层瓷的结构强度。

关键词: 氧化锆陶瓷; 核心瓷/饰面瓷厚度比; 弯曲强度; 断裂模式; 口腔生物材料

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2012.03.026

施海兰, 胡书海, 张磊, 任翔, 左恩俊. 不同核心瓷与饰面瓷厚度比对氧化锆双层瓷结构强度的影响[J]. 中国组织工程研究, 2012, 16(3):499-502. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

0 引言

近年来, 由于氧化锆陶瓷特有的应力诱导相变增韧效应^[1], 其强度和韧性均优于传统的长石瓷和氧化铝陶瓷^[2], 在口腔医学领域的应用范围越来越广泛, 但是氧化锆本身的颜色不能够接近自然牙的色泽, 所以一般均需在其表面进行饰面瓷的处理, 因此口腔临床上的修复体多为双层瓷结构。研究显示双层瓷结构的力

学性能显著低于单层瓷材料的性能^[3]。有学者认为是因为饰面瓷材料的存在在一定程度上影响了核心瓷的强度^[4-5]。因此, 在双层瓷结构中, 核心瓷与饰面瓷厚度比的变化是否会影响其强度和断裂模式等已成为很多学者研究的课题。

实验通过三点弯曲试验测试不同核心瓷/饰面瓷厚度比氧化锆双层瓷结构的弯曲强度, 并分析核心瓷/饰面瓷厚度比对其弯曲强度及断裂模式的影响。

College of Stomatology, Dalian Medical University, Dalian 116044, Liaoning Province, China

Shi Hai-lan★, Studying for master's degree, Physician, College of Stomatology, Dalian Medical University, Dalian 116044, Liaoning Province, China. shihailan@yahoo.cn

Correspondence to: Hu Shu-hai, Doctor, Professor, Master's supervisor, College of Stomatology, Dalian Medical University, Dalian 116044, Liaoning Province, China shuhaihu4141@yahoo.com.cn

Supported by: Scientific and Technological Planning Program of Science and Technology Bureau of Liaoning Province, No.2009225009-4*

Received: 2011-05-24 Accepted: 2011-06-24

大连医科大学口腔医学院, 辽宁省大连市 116044

施海兰★, 女, 1984 年生, 辽宁省沈阳市人, 朝鲜族, 大连医科大学在读硕士, 医师, 主要从事口腔修复学方面的研究。shihailan@yahoo.cn

通讯作者: 胡书海, 博士, 教授, 硕士生导师, 大连医科大学口腔医学院, 辽宁省大连市 116044

中图分类号: R318
文献标识码: B
文章编号: 1673-8225 (2012)03-00499-04

收稿日期: 2011-05-24
修回日期: 2011-06-24
(20110516014/GW W)

1 材料和方法

设计: 对比观察实验。

时间及地点: 于2010-09/10在大连医科大学口腔医学院完成。

材料:

核心瓷与饰面瓷材料: 核心瓷为爱尔创氧化锆陶瓷, 购自深圳爱尔创科技有限公司; 饰面瓷为Vintage ZR氧化锆饰面瓷粉, 购自日本松风公司。

主要试剂、仪器:

仪器与试剂	来源
氧化铝喷砂剂	东莞德盛研磨材料有限公司
Vintage ZR 氧化锆 Liner 膏	日本松风公司
碳化硅砂纸	广州市顺城磨料五金有限公司
SYJ-150 低速金刚石切割机	沈阳科晶设备制造有限公司
笔式喷砂机	天津海德医疗设备厂
烤瓷炉	美国 DENSPLY 公司
电液伺服疲劳试验机	日本岛津公司
打磨机(石膏修整机)	德国 Renfert
数显卡尺	日本三丰 MITUTOYO

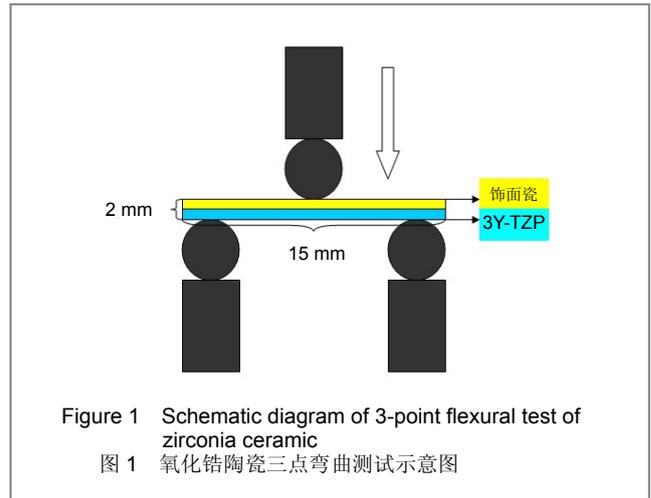
实验方法:

氧化锆陶瓷片的制备: 用慢速切割机将长宽比为15.0 mm×5.0 mm 完全烧结的氧化锆块切割成如下6组($n=5$)不同厚度的氧化锆瓷片共30片, 厚度分别为0.5, 0.8, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0 mm。

氧化锆陶瓷片的表面处理: 所有氧化锆瓷片的结合面均经120目氧化铝颗粒, 在压强为0.4 MPa下, 距离10 mm喷砂30 s, 肉眼观察有无遗漏的地方。喷砂处理后进行蒸馏水超声清洗15 min, 并自然晾干。

氧化锆陶瓷双层瓷测试样本制作: 先将瓷片进行预烧结。除2.0 mm组(对照组)之外, 其余各组在氧化锆陶瓷片上均涂一薄层Liner层, 轻轻振荡后, 按照厂家推荐程序烤制Liner层, 然后采用自制磨具于Liner层上堆塑饰面瓷, 振荡吸水后按照厂家推荐程序进行烧结。使得形成双层瓷的核心瓷与饰面瓷厚度比分别为: 1:3, 2:3, 1:1, 3:2和3:1, 作为测试样本。顺次用400目及1 000目水砂纸研磨饰瓷面, 使用游标卡尺测量, 使各测试样本的总厚度均为2.0 mm。

三点弯曲测试: 将样本置于固定在电液伺服疲劳试验机上的三点弯曲测试夹具(跨距为12 mm)上, 以0.5 mm/min加载速度对样本施加载荷直至其完全断裂。测试时, 使样本核心瓷位于拉应力面, 而饰面瓷位于压应力面, 见图1。根据测得的样本断裂时的最大载荷值(N)计算出其弯曲强度。观察并记录所有被测样本的断裂模式。



弯曲强度的计算: 根据公式 $\sigma=3pl/2wb^2$ 计算各组样本的弯曲强度, 公式中, σ 为抗弯强度(Mpa); p 为断裂载荷(N); l 为跨距(mm); w 为试样宽度(mm); b 为试样厚度(mm)。

样本断裂模式观察: 观察分析测试后各组样本的断裂模式。

主要观察指标: 各组氧化锆陶瓷的平均弯曲强度及断裂模式。

统计学分析: 由第一作者采用SPSS 13.0统计学软件对实验数据进行统计学处理, 行多样本均数间的多重比较(SNK检验), $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果

2.1 堆塑不同厚度饰面瓷后氧化锆陶瓷弯曲强度值的测试结果 见表1。

表1 堆塑不同厚度饰面瓷后氧化锆陶瓷的弯曲强度值
Table 1 Flexural strength of bilayered dental ceramic ($\bar{x} \pm s, n=5, \text{MPa}$)

Group (core: veneer thickness ratio)	Flexural strength
1:3	522.17±41.11
2:3	664.00±68.44
1:1	695.06±31.16
3:2	794.10±46.11
3:1	843.20±38.22
Control	926.89±44.46

There was no significant difference between 1:1 and 2:3 group, 3:2 and 3:1 group ($P > 0.05$), the differences between other groups were significant ($P < 0.05$)

由表1可以看出, 对照组的弯曲强度值最高(926.89 ±44.46) MPa, 明显高于其他5组。随着核心瓷与饰面瓷厚度比的增加, 氧化锆双层瓷结构强度也随之增强。除核心瓷与饰面瓷厚度比2:3组与1:1组、3:2组与3:1组间差异无显著性意义外($P > 0.05$), 其余组间差异均有显著性意义($P < 0.05$)。

2.2 堆塑不同厚度饰面瓷后氧化锆陶瓷断裂模式的观察结果 见表2。

表2 堆塑不同厚度饰面瓷后氧化锆陶瓷样品的断裂模式
Table 2 Fracture modes of bilayered dental ceramic specimens

Group	Specimen delaminations	2/3/4/more than 4 fragment fractures
1:3	4	0/2/1/2
2:3	2	0/2/1/2
1:1	0	4/0/1/0
3:2	0	4/1/0/0
3:1	0	5/0/0/0
Control	0	4/1/0/0

由表2可以看出,在1:3组中有4个样本出现了分层,在2:3组中2个样本出现了分层,见图2a,即进行弯曲试验时,在压应力面的饰面瓷中心开始先完整的断裂,并与氧化锆瓷片分层。其他4组样本中未出现分层现象。1:1组、3:2组、3:1组、对照组以2个碎片为主,见图2b;有4个及4个以上较明显的碎片出现在了1:3组和2:3组中,见图2c, d, 但无样本出现2个碎片。



a: 1:3 group specimen delamination



b: 1:1 group two-fragment fracture



c: 2:3 group four-fragment fracture



d: 1:3 group more than four-fragment fracture

Figure 2 Delamination and fracture condition of bilayered dental ceramic specimens

图2 堆塑不同厚度饰面瓷后氧化锆陶瓷样本分层和碎片断裂情况

3 讨论

陶瓷材料的强度指标通常为弯曲强度,氧化锆陶瓷是近十几年刚刚发展起来的新型陶瓷,在陶瓷界称为“陶瓷钢”,其抗弯强度可达900~1 200 MPa,可用于多个后牙的固定桥修复^[6]。目前商品化医用级的Y-TZP多呈白色到象牙色,而白色的氧化锆陶瓷不能满足临床上对颜色及配色的需求,所以必须在此表面进行饰面瓷的处理,这样就可获得美观逼真的自然牙形态,所以应用于口腔临床的修复体多为双层瓷结构。在双层结构中最薄弱、强度最低的地方在核心瓷/饰面瓷的交界处^[7-8],并且构筑饰面瓷后的双层瓷结构的力学性能显著低于单层材料的性能^[9]。可能是因为饰面瓷材料在一定程度上影响了核心瓷的强度,且影响的大小与不同材料的性质、核心瓷与饰面瓷厚度比相关。

刘亦洪等^[9]研究了不同基底瓷与饰面瓷厚度比对IPS Empress II全瓷复合材料强度的影响,得出IPS Empress II双层材料抗弯强度明显小于单层基底瓷的抗弯强度,而基底瓷:饰面瓷厚度比1:1和2:1之间的抗弯强度差异无显著性意义,即IPS Empress II的抗弯强度不依赖于基底瓷与饰面瓷的厚度比。但也有实验得出了相反的结论,Fleming等^[10]用双轴试验测试了双层瓷氧化铝全瓷冠,其中核心瓷厚度均为1.5 mm,而饰面瓷的厚度按照2:1,1:1,1:2比例变化,其结果是弯曲强度随核心瓷/饰面瓷厚度比的增加而增加。本实验中采用了氧化锆陶瓷与饰面瓷厚度比分别为1:3,2:3,1:1,3:2,3:1和对照组2.0 mm的氧化锆陶瓷片,三点弯曲测试后,弯曲强度随着厚度比的增加氧化锆双层瓷结构强度也随之增强。其中除核心瓷与饰面瓷厚度比2:3组与1:1组,3:2组与3:1组间差异无显著性意义外($P > 0.05$),其余组间差异均有显著性意义($P < 0.05$)。此结果与之前的研究不尽相同。由于在弯曲测试时,选择拉应力面的材料至关重要^[11],本实验选作拉应力面的氧化锆陶瓷抗弯强度明显高于IPS Empress II和氧化铝全瓷冠的抗弯强度^[2],而且实验设计的核心瓷与饰面瓷厚度比变化也相对比较全,可以较细分析厚度比对双层瓷结构强度的影响。如果本实验假设随着核心瓷/饰面瓷厚度比的加大,氧化锆双层瓷结构的强度也随着增加,那么实验的结果对假设是部分接受的,即厚度比1:3,2:3,1:1,3:2,3:1和2 mm的氧化锆陶瓷片中,2:3组与1:1组,3:2组与3:1组的变化未明显影响氧化锆双层瓷结构的强度,但6组中其他各两组之间均有统计学差异,表明核心瓷与饰面瓷厚度比对氧化锆双层瓷结构的强度具有显著影响。

应用于口腔临床的全瓷冠修复体多为双层瓷结构,而双层瓷结构的断裂模式比单层瓷较为复杂,因为两种

材料的弹性模量和热膨胀系数不同, 层状结构界面之间可能存在残余应力, 使界面产生的裂纹扩散甚至分层。临床上观察到全瓷修复体的失败模式并不完全相同, 氧化铝基和玻璃陶瓷基的修复体的失败模式多为修复体的全层碎裂, 而氧化锆修复体则出现饰面瓷部分剥脱^[12-14]。有研究报道在核心瓷不变的情况下, 改变饰面瓷厚度对断裂模式有影响, 即随着饰面瓷厚度的增加样本分层的概率会提高, 而且其断裂碎片也会增加^[4, 10]。有报道认为瓷层厚度过薄或过厚均易造成崩瓷^[15-16]。研究指出, 随着瓷层厚度的增加, 瓷抵抗裂纹产生的能力减弱, 对抗张应力的能力也会减小, 因此, 瓷层厚度的增加会更易产生裂纹^[17]。本实验中通过改变核心瓷与饰面瓷的厚度比, 断裂模式也显示出不一样的结果。在饰面瓷比较厚的1:3组和2:3组中, 不但断裂碎片多于其他4组, 且断裂模式中均出现分层, 而其他4组中则无样本出现分层, 这与之之前研究的结果相同, 说明氧化锆双层瓷结构中断裂模式依赖于核心瓷与饰面瓷的厚度比。从临床意义上说, 过厚的瓷层如本实验中的1:3组和2:3组出现崩瓷和瓷分层的概率会相对提高, 所以瓷层只要能承受最大咬合力(含正中咬合及侧向咬合), 如果不考虑色彩等问题, 只要是适合某一病例的具体情况的瓷层厚度, 都应认为是合理的。

致谢: 感谢刘国春、许诺、杨洋、陆美言、邓增艳对实验的热心帮助。

4 参考文献

- [1] Kelly RJ, Denry I. Stabilized zirconia as a structural ceramic: an overview. *Dent Mater.*2008;24(3): 289-298.
- [2] Sun L, Zhang FQ. *Guowai Yixue: Kouqiang Yixue Fence.* 2005; 32(2):145-147.
孙蕾, 张富强. 氧化锆应用于全瓷修复的研究进展[J]. 国外医学: 口腔医学分册, 2005, 32(2): 145-147.
- [3] Yi YF, Liu HC, Lin YZ, et al. *Kouqiang Yixue Yanjiu.* 2008;24(1): 49-52.
伊元夫, 刘洪臣, 林勇钊, 等. 牙科着色氧化锆陶瓷饰瓷前后的力学性能及断裂模式分析[J]. 口腔医学研究, 2008, 24(1): 49-52.
- [4] Fleming GJ, Dickens M, Thomas LJ, et al. The in vitro failure of all-ceramic crowns and the connector area of fixed partial dentures using bilayered ceramic specimens: the influence of core to dentin thickness ratio. *Dent Mater.*2006;22(8): 771-777.
- [5] Wakabayashi N, Anusavice KJ. Crack initiation modes in bilayered alumina/porcelain disks as a function of core/veneer thickness ratio and supporting substrate stiffness. *J Dent Res.* 2000;79(6):1398-1404.

- [6] Schmitter M, Mussotter K, Rammelsberg P, et al. Clinical performance of extended zirconia frameworks for fixed dental prostheses: two-year results. *J Oral Rehabil.* 2009;36(8):610-615.
- [7] Coelho PG, Bonfante EA, Silva NR, et al. Laboratory simulation of Y-TZP all-ceramic crown clinical failures. *J Dent Res.*2009;88(4): 382-386.
- [8] Aboushelib MN, de Jager N, Kleverlaan CJ, et al. Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. *Dent Mater.*2005;21(10):984-991.
- [9] Liu YH, Feng HL, Bao YW, et al. *Beijing Daxue Xuebao.* 2007;39(1): 64-66.
刘亦洪, 冯海兰, 包亦望, 等. 基底瓷与饰瓷的厚度比对IPS Empress II 热压铸陶瓷抗弯强度的影响[J]. 北京大学学报: 医学版, 2007, 39(1): 64-66.
- [10] Fleming GJP, El-Lakwah SFA, Harris JJ, et al. The effect of core:dentin thickness ratio on the bi-axial flexure strength and fracture mode and origin of bilayered dental ceramic composites. *Dent Mater.*2005;21(2):164-171.
- [11] White SN, Miklus VG, McLaren EA, et al. Flexural strength of a layered zirconia and porcelain dental all - ceramic system. *J Prosthet Dent.* 2005, 94(2):125-131.
- [12] Coelho PG, Bonfante EA, Silva NRF, et al. Laboratory simulation of Y-TZP all-ceramic crown clinical failures. *J Dent Res.*2009;88(4): 382-386.
- [13] Pallis K, Griggs JA, Woody RD, et al. Fracture resistance of three all-ceramic restorative systems for posterior applications. *J Prosthet Dent.*2004;91(6):561-569.
- [14] Beuer F, Edelhoff D, Gernet W, et al. Three-year clinical prospective evaluation of zirconia-based posterior fixed dental prostheses (FDPs). *Clin Oral Investig.*2009;13(4):445-451.
- [15] Wen ZH, Du CS, Du L, et al. *Huaxi Kouqiang Yixue Zazhi.* 1998; 16(1):62-64.
文志红, 杜传诗, 杜莉, 等. 金-瓷修复体瓷开裂及剥脱之原因分析[J]. 华西口腔医学杂志, 1998, 16(1): 62-64.
- [16] Tsai YL, Petsche PE, Anusavice KJ, et al. Influence of glass-ceramic thickness on hertzian and bulk fracture mechanisms. *Int J Prosthodont.* 1998;11(1): 27-32.
- [17] Walton TR, O'Brien WJ. Thermal stress failure of porcelain bonded to a palladium-silver alloy. *Dent Res.* 1985;64(3):476-480.

来自本文课题的更多信息--

基金资助: 辽宁省科技厅科技计划资助项目 (2009225009-4), 课题名称: 新型桩核/冠修复技术的基础研究与临床应用。

作者贡献: 张磊进行实验设计, 实验实施为施海兰, 实验评估为任翔, 资料收集为左恩俊, 施海兰成文, 胡书海审校, 胡书海对文章负责。

利益冲突: 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

本文创新性: 以“全瓷双层瓷结构, 断裂试验”为关键词检索 CNKI 数据库 2010/2011 文献, 共检索到 100 多篇文章。与国内同类研究相比较, 本文对比分析了氧化锆陶瓷与饰面瓷厚度比分别为 1:3, 2:3, 1:1, 3:2, 3:1 和单纯 2.0 mm 的氧化锆陶瓷片的结构强度, 设计的核心瓷与饰面瓷厚度比变化相对比较全, 可以较仔细分析厚度比对双层瓷结构强度的影响。