DOI:10.11817/j.issn.1672-7347.2019.01.009
http://xbyxb.csu.edu.cn/xbwk/fileup/PDF/20190153.pdf

氧化锆表面不同处理方式对锆瓷与饰瓷结合强度的影响

夏玉宏[1]，徐飞[2]，陈蕾[2]，周雄文[2]，曹扬[3,4]，童汇[4]

(1. 南方医科大学口腔医院海珠广场院区种植修复科，广州 510280；2. 中南大学湘雅医院口腔医学中心，长沙 410008；3. 中南大学湘雅医院医学工程中心，长沙 410008；4. 中南大学冶金与环境学院重金属冶金与先进材料研究所，长沙 410083)

[摘要] 目的：探讨不同方式处理对氧化锆陶瓷与饰瓷结合强度的影响。**方法：**制作40个氧化锆瓷块、10个镍铬合金片，并按照表面处理方法分为5组，即喷砂组(A组)、结合瓷组(B组)、热酸蚀组(C组)、氧化锆空白对照组(D组)、镍铬烤瓷对照组(E组)。5组试件处理完成后，采用粉浆涂塑法烧结大小为4 mm×4 mm×2 mm的饰瓷。通过万能试验机对所有试件进行剪切强度测试，每组随机抽取一个样本在电子显微镜下进行界面破坏形貌分析。**结果：**剪切强度结果显示：与D组相比，A组和B组剪切强度差异均无统计学意义(均P>0.05)，且二者均显著小于E组(均P<0.05)；C组剪切强度值显著高于D组、A组和B组(均P<0.05)，但与E组相比差异无统计学意义(P>0.05)。**结论：**喷砂及烧结的结合瓷层对于增强锆瓷与饰瓷的结合强度无显著作用，热酸蚀可以显著增强锆瓷与饰瓷的结合强度。

[关键词] 氧化锆陶瓷；热酸蚀；剪切强度；喷砂；结合瓷

Effect of different surface zirconium oxide treatments on binding strength between zirconia and veneering ceramics

XIA Yuhong[1], XU Fei[2], CHEN Lei[2], ZHOU Xiongwen[2], CAO Yang[3,4], TONG Hui[4]

(1. Department of Implant and Prosthodontics, Haizhu Square Branch, Stomatological Hospital of Southern Medical University, Guangzhou 510280; 2. Center of Stomatology, Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410008; 3. Medical Engineering Center, Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410008; 4. Heavy Metal Metallurgy and Advanced Material Research Institute, School of Metallurgy and Environment, Central South University, Changsha 410083, China)

ABSTRACT

Objective: To compare the effect of three different surface zirconium oxide treatments on binding strength and fracture patterns between zirconia and veneering ceramics.

Methods: A total of 40 zirconia specimens and 10 nickel-chromium alloy were divided into 5 groups (n=10 in each group): a treatment group by zirconium oxide sand-blaste (Group A), a zirconia bonded porcelain group (Group B), a hot-etching solution group (Group C), a non-

收稿日期(Date of reception)：2018-04-19
第一作者(First author)：夏玉宏，Email: 572982970@qq.com, ORCID: 0000-0001-6341-5607
通信作者(Corresponding author)：曹扬，Email: caoyangbme@163.com, ORCID: 0000-0002-0316-2107
基金项目(Foundation item)：湖南省自然科学基金(2016JJ3168，2012FJ3124，09JJ3029)。This work was supported by the Natural Science Foundation of Hunan Province, China (2016JJ3168, 2012FJ3124, 09JJ3029).

treatment zirconia (Group D) and a non-treatment nickel-chromium alloy group (Group E). After all treatments, a veneering porcelain (4 mm×4 mm×2 mm) was formed onto the center of all substrate specimens by plastic coating method. Shear bond strength (SBS) test with a universal testing machine was used in each group. Scanning electron microscopy was used to observe the surface morphology of the damaged specimen interface, which was randomly selected from each group.

Results: The SBS test showed that there was no significant difference in SBS results between the Group A, the Group B and the Group D (both P>0.05), and both of them were significant less than that in the group E (both P<0.05). The SBS results in the Group C were significantly higher than that in the Group D, the Group A, and the Group B (all P<0.05), but there were no significant difference compared with that in the Group E (P<0.05).

Conclusion: Sand-blaste and liner application on zirconia ceramic contribute no effect to binding strength between zirconia and veneering ceramics, but hot-etching solution can increase the binding strength between zirconia and veneering ceramics.

KEY WORDS zirconia; hot-etching solution; shear bond strength; sand-blaste; bonded porcelain

氧化锆全瓷修复体虽然有较好的力学性能，但由于氧化锆本身存在颜色较单一、透明度差等问题，不能很好地满足修复体的美观需要。因此为增加修复体的美观性，常会在氧化锆表面烧结一层饰瓷，形成双层复合结构，使其颜色效果更为逼真。饰瓷主要成分为二氧化硅以及少量附加成分，从其成分上看难与氧化锆发生化学反应，形成牢固结合。因此锆瓷与饰瓷的界面结合强度便成为该类全瓷修复体的力学薄弱点，氧化锆表面饰瓷的崩瓷也成了临床上氧化锆全瓷修复体失败的首要原因。

为探究如何增加锆瓷与饰瓷的结合强度，目前国内外已有较多学者[1-9]针对锆瓷表面不同处理方式、饰面瓷的厚度、烧结程序、锆瓷与饰瓷的热膨胀系数、锆瓷表面形貌等进行了多方面的研究，结果表明上述因素均可影响锆瓷与饰瓷的结合。因此，氧化锆表面崩瓷现象是多因素作用的结果，其机制亦是多样化的。其中，有关锆瓷表面处理方式的研究最为多见。

热酸蚀技术是近年来新兴的一种氧化锆表面处理技术，目前国内研究较少，且多用于氧化锆与树脂黏接强度的研究。氧化锆在常温下化学惰性比较高，不溶于酸、碱或其他有机溶剂，但加热状态下的氧化锆可与多种强酸发生化学反应，因此有学者[10-11]选用热酸蚀溶液对氧化锆表面进行处理，可极大提高氧化锆表面粗糙度，且不会发生晶相转换及表面微裂隙，可显著增强锆瓷与树脂黏接剂的结合强度。但该方法在氧化锆与饰瓷结合强度的研究上鲜见文献报道。本研究着重探讨氧化锆陶瓷经热酸蚀处理与传统的喷砂及结合瓷处理后与饰瓷的结合能力的差异，旨在为临床选用锆瓷表面处理方法提供实验依据。

1 材料与方法

1.1 试剂和仪器

氧化锆瓷块购自深圳爱尔创生物材料有限公司；易美牙本质瓷、易美氧化锆结合瓷、易美金属烤瓷饰瓷粉购自列支敦士登Ivoclar Vivadent有限公司；镍铬合金购自上海常平实业有限公司；义齿基托树脂II型自凝型购自上海第二医科大学张江生物材料有限公司；洛阳北苑烤瓷炉购自中钢集团洛阳耐火材料研究院有限公司；牙科程控烧结炉购自重庆卓田科技有限公司；笔式喷砂机购自德国Renfert有限公司；自动喷金仪、高低真空扫描电子显微镜购自日本JEOL有限公司；疲劳测试机购自美国MTS System有限公司。

1.2 方法

1.2.1 试件制作

将爱尔创氧化锆瓷饼切削后，经烧结得到40个7 mm×7 mm×2 mm的氧化锆瓷片，在500 r/min转速的研磨抛光机上，按顺序使用400，800，1 200目的碳化硅水磨砂纸在流水冷却下对锆瓷片表面进行抛光，抛光后将瓷片置于超声波清洗仪中清洗5 min，

吹干待用。同时，在离心铸造机中铸造10个7 mm×7 mm×2 mm大小的镍铬合金片，也用同样方法对镍铬合金片表面进行抛光。抛光完成后置于金属烤瓷炉中进行预氧化，缓慢冷却至室温，取出待用。

1.2.2 实验分组

根据不同的表面处理方法，将40个氧化锆瓷块随机平均分为4组(n=10)，以10个镍铬合金片作为对照组(n=10)。喷砂组(A 组)：用直径为110 μm的氧化铝(Al_2O_3)颗粒，以0.5 MPa的压力，垂直于瓷表面且距离瓷表面10 mm喷砂10 s。结合瓷组(B组)：蘸取Zirliner液在瓷片表面轻刷2个来回，使瓷片表面覆盖有一薄层均匀一致的Zirliner液。然后将样本置于烤瓷炉中进行结合瓷烧结。热酸蚀组(C组)：采用200 mL热酸蚀溶液(每100 mL热酸溶液含37% HCl溶液20 mL，甲醇溶液80 mL，$FeCl_3$ 0.2 g)加热后，将10个基底瓷置于溶液中进行化学反应，反应时间为20 min。氧化锆空白对照组(D组)；镍铬烤瓷对照组(E组)。所有试件处理完后，用粉浆涂塑法将氧化锆专用饰瓷易美牙本质瓷与易美金属烤瓷饰瓷粉，分别在氧化锆瓷片与镍铬合金片表面塑形成立方体，于烤瓷炉中烧结后的饰瓷大小为4 mm×4 mm×2 mm。

1.2.3 剪切试验

将包埋后的试件置于万能试验机底座特制的夹具中，确保每个试件测试时位置相同，并使加载力均作用于双层瓷界面处，以0.5 mm/min的速度垂直加载至饰面瓷脱落。记录破坏时的最大载荷力F(单位为N)和瓷结合面积S(单位为mm^2)，计算剪切强度P(单位为MPa)，公式为P=F/S。

1.2.4 断裂模式观察

每组试件中随机抽取一个(共5个)超声清洗5 min，吹干，置于自动喷金仪中进行喷金，然后置于高低真空扫描电子显微镜下，于25 kV电压下，放大到2 000倍观察各样本破坏后的表面形貌及破坏类型。

1.3 统计学处理

所有数据用SPSS 19.0软件包进行处理：对各实验组的剪切强度结果进行单因素方差分析(one way ANOVA)，并对差异进行Tukey's检验。检验水准取单侧α=0.05，P<0.05为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 剪切强度测试结果

A，B，C，D，E各组剪切强度值分别为(10.66±1.36)，(11.03±2.17)，(15.37±2.29)，(8.73±1.85)和(14.81±2.44) MPa。

Tukey's检验分析结果：1)与D组的剪切强度值相比，A组、D组和B组差异均无统计学意义(均P>0.05)，且A组和B组剪切强度值均显著小于E组剪切强度值(均P<0.05)；2)C组剪切强度值显著高于D组(P<0.05)，与E组相比差异无统计学意义(P>0.05)；3)C组剪切强度值显著高于A组和B组(均P<0.05，表1)。

2.2 扫描电子显微镜观察结果

剪切实验完成后的样本喷金后，在电子显微镜下放大2 000倍观察表面微观形貌。如图1所示，各组基底材料与饰瓷的破坏模式均为界面破坏与内聚破坏混合存在，以内聚破坏为主。既可见到锆瓷基底界面暴露，也可见到饰瓷残留。但饰瓷残留的多少，各组均有不同：A组断裂面见较多大气孔且有较多饰瓷残留；B组可见锆瓷表面有一均匀薄层多孔结合瓷的残留，结合瓷表面偶见饰瓷残留；C组断裂面见一薄层均匀饰瓷残留，饰瓷表面隐约可见到锆瓷晶粒的形态，说明C组锆瓷表面有薄层饰瓷与之发生结合；E组断裂面可见表面粗糙的金属氧化层，偶见少量饰瓷残留；D组断裂面饰瓷残留最少。

表1 Tukey's检验结果

Table 1 Results of Tukey's test

组别比较	均值差	P	95%置信区间	
			下限	上限
A组				
D组	1.93	0.24	−0.69	4.54
B组	−0.37	0.994	−2.98	2.25
C组	−4.72	0.00	−7.33	−2.10
E组	−4.16	0.00	−6.77	−1.54
B组				
D组	2.29	0.11	−0.32	4.91
C组	−4.35	0.00	−6.96	−1.73
E组	−3.79	0.00	−6.40	−1.17
C组				
D组	6.64	0.00	4.03	9.26
E组	0.56	0.97	−2.06	3.17

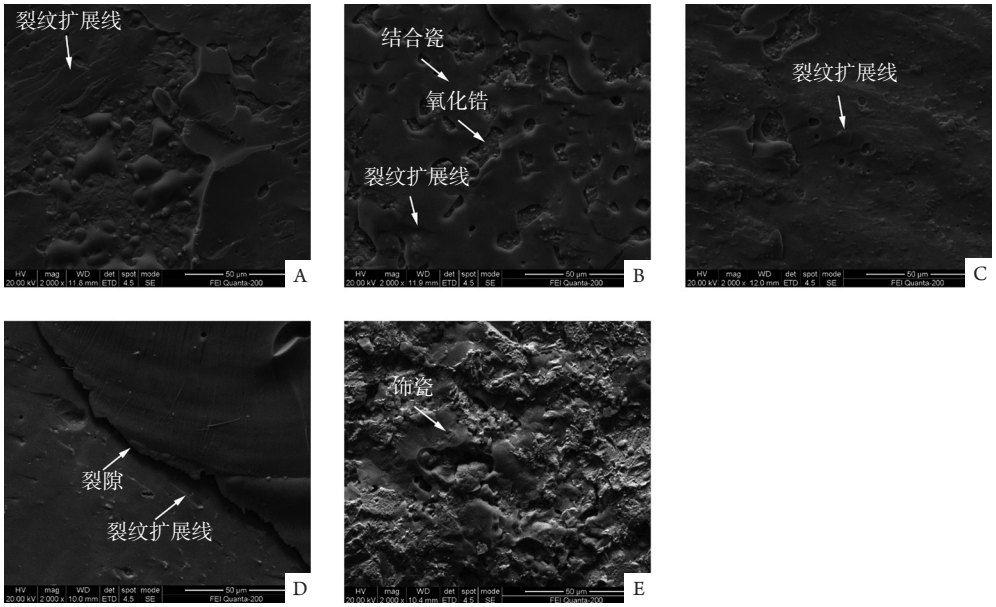

图1 电镜下观察各组界面破坏形貌(×2 000)

Figure 1 Surface morphology by scanning electron microscopy in each group (×2 000)

A: Group A; B: Group B; C: Group C; D: Group D; E: Group E

3 讨 论

通过电镜观察，各组样本均可见到平行于锆瓷表面的裂纹扩展线，且同一样本的裂纹扩展线均互相平行(图1箭头所示)；在图1D电镜图片中，锆瓷与饰瓷间可见到一条明显的裂隙，两者处于半分离状态。

由图1可以看出，裂纹所在平面均覆盖有一层薄薄的饰瓷，氧化锆基底并未完全暴露。裂纹沿锆瓷表面薄层饰瓷扩展，而不是锆瓷与饰瓷界面之间，原因除了锆瓷与饰瓷在界面处产生了结合外，还可能由于加载力使得该处原来烧结及冷却过程中产生的残余热应力得到释放，在此处产生裂纹而导致该处发生断裂分层。而残余应力的产生与冷却速率、材料厚度及氧化锆导热性较差有关。此外，Baldassarri等[12]利用维氏压痕技术观察到应力加载时饰瓷内部也有少量的垂直锆瓷表面的裂纹扩展，但面积较小，可以忽略，主要以平行锆瓷表面扩展为主。

在氧化锆全瓷修复体中，锆瓷与饰瓷由于组成成分的差异，二者之间很难发生化学反应，难以形成良好的化学结合。虽然大量研究[13-14]显示：二者界面存在元素渗透现象，但由于渗透深度均在1~3 μm之间，该深度不足以达到化学结合强度。近年来国内外学者[1-3, 10-11]在锆瓷表面处理方面做了大量的研究，如以增强锆瓷表面粗糙度以增强机械嵌合力为主的喷砂、热酸蚀、激光蚀刻、选择性渗透酸蚀技术等，还有以增强化学结合力为主的表面硅涂层技术、氧化锆表面预烧结生锆瓷粉等，均取得了较好的效果，锆瓷与饰瓷的结合强度得到了大幅度的提升。

本实验选用的深圳爱尔创氧化锆瓷块含有少量的氧化铝，可与饰瓷内相似的成分发生少量化学结合，但由于含量过少，二者的结合力仍主要以机械结合为主。E组剪切强度值显著高于D组、A组及B组的剪切强度值，说明经过喷砂或结合瓷处理后的锆瓷与饰瓷结合强度仍小于金瓷结合强度，该结果与Guess等[15-17]实验结果相似。而C组剪切强度与E组相比差异无统计学意义，说明锆瓷经热酸蚀溶液处理后其与饰瓷的结合强度显著提高，甚至达到金瓷结合强度。

喷砂是目前应用最为广泛最常规的锆瓷表面处理方式[18]，但仍存在一些争议。有研究[19-20]表明喷砂虽可增强锆瓷表面粗糙度，但对增强锆瓷与饰瓷的结合强度无统计学意义。

本实验结果证明：A组剪切强度结果与D组剪切强度相比无显著差异，故认为喷砂可增强锆瓷与饰瓷结合强度，但无统计学意义，与Hong-Joo等[14]研究结果相似。

喷砂可以在一定程度上增加锆瓷表面粗糙度及润湿性[14]，进而增加锆瓷与饰瓷的结合强度。但近年有学者[21-22]发现：在锆瓷表面进行喷砂可导致锆瓷表面局部发生晶相转换，即由原来因氧化钇的加入使得表面以亚稳态四方晶相存在的氧化锆在喷砂气

流的冲击下转换为单斜晶相，且喷砂被认为是所有锆瓷表面处理方式中最易导致晶相转换的一种。由四方晶相向单斜晶相的转变改变了锆瓷表面的断裂韧性及机械强度，影响了锆瓷表面的应力分布，而局部产生的应力的集中效应可使锆瓷与饰瓷结合强度降低。结合本实验结果，可认为喷砂作为锆瓷表面常用的处理方式的应用意义是有限的。

结合瓷是涂布于锆瓷表面的很薄的一层物质，主要成分为二氧化硅(含量为50%~60%)，与饰瓷(二氧化硅含量为60%~65%)成分较接近。结合瓷层应用于锆瓷表面可增加锆瓷表面润湿性。有研究[23]表明：锆瓷表面烧结的结合瓷层较直接与饰瓷烧结可产生更大的分子间范德华力，且电子显微镜下观察到结合瓷层中某些成分可渗透到锆瓷内部，产生了微量化学结合。而由于结合瓷与饰瓷成分接近，二者烧结时可形成牢固的化学结合，因此理论上锆瓷表面应用结合瓷层后其与饰瓷的结合强度可在一定程度上得到增强。对此，国内外学者所持观点不一，如Gaoqi等[24]利用四点弯曲试验证明，锆瓷表面预烧结结合瓷层后降低了锆瓷与饰瓷的结合强度。

本实验结果表明：在锆瓷表面烧结结合瓷层后锆瓷与饰瓷间界面剪切强度有所升高，但与D组相比无显著差异，与E组相比则显著小于镍铬烤瓷的结合强度，说明单一的氧化锆表面烧结的结合瓷层处理并不能显著增强锆瓷与饰瓷的结合。电子显微镜观察发现：可见断裂面有一层均匀多孔的结合瓷残留，孔隙里可见到氧化锆晶粒(如图1箭头所示)，结合瓷表面有少量饰瓷残留。说明剪切试验完成后，破坏主要发生在结合瓷层，锆瓷双层复合结构在此处发生了分层现象。这种锆瓷表面的分层现象也被Hong-Joo等[14]观察到。可能的原因分析如下：结合瓷成分与饰瓷相似，主要成分都为二氧化硅，烧结时二者之间可形成牢固的化学结合，因此一部分结合瓷与饰瓷紧密结合，随饰瓷从锆瓷表面断裂；另一部分薄层结合瓷残留于锆瓷表面，且厚薄均匀一致(图1)，可能与结合瓷本身强度较低及结合瓷与锆瓷间的机械锁结有关；另外，结合瓷本身断裂韧性较低[24]，应用于锆瓷表面后使得锆瓷与饰瓷界面抵抗裂纹扩展的能力降低，因此界面断裂易发生在结合瓷内。因此本研究认为结合瓷与喷砂一样，单独使用并不能在本质上改善锆瓷与饰瓷的结合，须与其他处理方法相结合。

热酸蚀溶液处理方法最早由Ferrari等[25]提出，曾被用于酸蚀处理镍铬合金马里兰桥，取得较好的效果。后来Casucci等[26]将热酸蚀应用于氧化锆表面处理，使得氧化锆与树脂胶黏剂的黏接强度显著增强。热酸蚀溶液作用的效率取决于反应温度、盐酸浓度、酸蚀液在处理表面的流动速度等因素。本实验过程中严格控制了这几点，即反应在烧杯中进行，持续使用酒精灯加热，使溶液保持沸腾状态；实验所用的盐酸为未经开封的浓度为37%的浓盐酸；本实验加热过程中保持玻璃棒匀速搅拌，使锆瓷表面的液体保持匀速流动。由于甲醇为易挥发的有毒物质，盐酸也极易挥发，因此本实验须在通风橱下进行。

本实验设计氧化锆经热酸蚀处理后表面烧结饰瓷，探究热酸蚀处理对锆瓷与饰瓷结合强度的影响。通过实验结果可以看出，C组剪切强度值显著高于其余实验组及D组，数值较D组高出36%，与E组相比差异无统计学意义，说明氧化锆表面经热酸蚀溶液处理后可以显著增强锆瓷与饰瓷结合强度，甚至达到金瓷结合强度。破坏模式为界面破坏与内聚破坏同时存在，与预期结果相符。

因此，相比于喷砂及结合瓷，热酸蚀技术作为一种氧化锆表面处理新方法，可以显著增强锆瓷与饰瓷的结合强度，并能有效避免氧化锆表面裂纹及晶相转换的发生[14, 17]，有利于氧化锆与饰瓷长期稳定的结合。并且热酸蚀溶液有着其他锆瓷表面处理技术无法比拟的优点，即该溶液所含物质中甲醇和氯化铁均不产生反应消耗，可重复利用；若在封闭容器中进行，甲醇的挥发可以忽略不计；盐酸为腐蚀氧化锆的主要物质，虽为消耗品但成本较低。但该方法也有不足之处：甲醇为易燃、易爆物品，实验安全性要求较高，且目前尚无成熟的热酸蚀处理设备，因此热酸蚀技术暂时未能得到推广。如能设计出合理并能大面积推广的热酸蚀处理设备，该方法将会有良好的应用前景，甚至可以代替传统的锆瓷表面处理方式，氧化锆表面处理将变得简单且高效。

利益冲突声明：作者声称无任何利益冲突。

参考文献

[1] Park DR, Uhm SH, Kim KN, et al. The effect of selective infiltration etching (SIE) associated with zirconia nanoparticles on the shear bond strength of zirconia core/veneering ceramic in dentistry[J]. J Nanosci Nanotechno, 2016, 16(11): 11957-11963.

[2] 钟群, 彭艳, 邬雪颖, 等. 不同表面处理方式对Kavo氧化锆基底与饰瓷结合强度的影响[J]. 上海口腔医学, 2014, 23(3): 300-303.
ZHONG Qun, PENG Yan, WU Xueying, et al. Effect of different surface treatments on the shear bond of zirconia substructure and veneering ceramic[J]. Shanghai Journal of Stomatology , 2014, 23(3): 300-303.

[3] Elsaka SE. Influence of surface treatments on the surface properties of different zirconia cores and adhesion of zirconia-veneering ceramic systems[J]. Dent Mater, 2013, 29(10): 239-251.

[4] 施海兰, 胡书海, 张磊, 等. 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.
SHI Hailan, HU Shuhai, ZHANG Lei, et al. Different thickness ratios of core to veneer influence the flexural strength of bilayered zirconia ceramic[J]. Journal of Clinical Rehabilitative Tissue Engineering Research , 2012, 16(3): 499-502.

[5] Lima JMC, Souza ACO, Anami LC, et al. Effects of thickness, processing technique, and cooling rate protocol on the flexural strength of a bilayer ceramic system[J]. Dent Mater, 2013, 29(10): 1063-1072.

[6] Paula VG, Lorenzoni FC, Bonfante EA, et al. Slow cooling protocol improves fatigue life of zirconia crowns[J]. Dent Mater, 2015, 31(2): 77-87.

[7] Hallmann L, Ulmer P, Wille S, et al. Effect of differences in coefficient of thermal expansion of veneer and Y-TZP ceramics on interface phase transformation[J]. J Prosthet Dent, 2014, 112(3): 591-599.

[8] Mainjot AK, Najjar A, Jakubowicz-Kohen BD, et al. Thermal mismatch influence on residual stress in veneer on zirconia[J]. Dent Mater, 2014, 30(supple 1): e4.

[9] 陈宇晖, 施生根, 党平, 等. 锆瓷基底表面形貌对锆瓷饰瓷间结合强度影响的研究[J]. 口腔颌面修复学杂志, 2013, 14(4):235-238.
CHEN Yuhui, SHI Shenggen, DANG Ping, et al. The effect of surface texture of zirconia substrate on its bonding strength with veneer ceramics[J]. Chinese Journal of Prosthodontics, 2013, 14(4): 235-238.

[10] 吕品, 姜婷. 热酸蚀处理对氧化锆表面剪切粘接强度的影响[J]. 北京大学学报(医学版), 2014, 46(2): 302-305.
LÜ Pin, JIANG Ting. Effect of surface hot-etching treatment on zirconia/resin bonding strength[J]. Journal of Peking University. Health Science, 2014, 46(2): 302-305.

[11] 戴文雍, 印厚才, 陈晨, 等. 热酸溶液蚀刻对氧化锆粘接强度的影响[J]. 华西口腔医学杂志, 2013(6): 569-573.
DAI Wenyong, YIN Houcai, CHEN Chen, et al. Effect of hot chemical etching on bond strength of zirconia to resin[J]. West China Journal of Stomatology, 2013(6): 569-573.

[12] Baldassarri M, Stappert CFJ, Wolff MS, et al. Residual stresses in porcelain-veneered zirconia prostheses[J]. Dent Mater, 2012, 28(8): 873-879.

[13] 杨光, 袁柱炫, 李蓉. 氧化锆底瓷与饰瓷结合力的实验评估[J]. 口腔医学研究, 2011, 27(6): 471-475.
YANG Guang, YUAN Zhuxuan, LI Rong. Evaluation of the bond strength between zirconia core and veneering[J]. Journal of Oral Science Research, 2011, 27(6): 471-475.

[14] Hong-Joo K, Hyun-Pil L, Yeong-Joon P, et al. Effect of zirconia surface treatments on the shear bond strength of veneering ceramic[J]. J Prosthet Dent, 2011, 105(5): 315-322.

[15] Guess PC, Kuliš A, Witkowski S, et al. Shear bond strengths between different zirconia cores and veneering ceramics and their susceptibility to thermocycling[J]. Dent Mater, 2008, 24(11): 1556-1567.

[16] Vidotti HA, Pereira JR, Insaurralde E, et al. Thermo and mechanical cycling and veneering method do not influence Y-TZP core/veneer interface bond strength[J]. J Dent, 2013, 41(4): 307-312.

[17] Al-Dohan HM, Yaman P, Dennison JB, et al. Shear strength of core-veneer interface in bi-layered ceramics[J]. J Prosthet Dent, 2004, 91(4): 349-355.

[18] Aboushelib MN, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. Part II: Zirconia veneering ceramics[J]. Dent Mater, 2006, 22(9): 857-863.

[19] 闫海鑫, 哈斯达来, 吴琳, 等. 喷砂处理对氧化锆陶瓷基底与饰瓷结合强度的影响[J]. 口腔医学, 2011, 31(2):96-98.
YAN Haixin, HASI Dalai, WU Lin, et al. Effects of sandblasting on bond strength between zirconia framework and veneering ceramic[J]. Stomatology, 2011, 31(2): 96-98.

[20] Yamaguchi H, Ino S, Hamano N, et al. Examination of bond strength and mechanical properties of Y-TZP zirconia ceramics with different surface modifications[J]. Dent Mater, 2012, 31(3): 472-480.

[21] Moon JE, Kim SH, Lee JB, et al. The effect of preparation order on the crystal structure of yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystal and the shear bond strength of dental resin cements[J]. Dent Mater, 2011, 27(7): 651-663.

[22] Kosmac T, Oblak C, Jevnikar P, et al. The effect of surface grinding and sandblasting on flexural strength and reliability of Y-TZP zirconia ceramic[J]. Dent Mater, 1999, 15(6): 426-433.

[23] Yoon HI, Yeo IS, Yi YJ, et al. Effect of surface treatment and liner material on the adhesion between veneering ceramic and zirconia[J]. J Biomed Mater Res A, 2014, 40(40): 369-374.

[24] Gaoqi W, Song Z, Cuirong B, et al. Interface toughness of a zirconia-veneer system and the effect of a liner application[J]. J Prosthet Dent, 2014, 112(3): 576-583.

[25] Ferrari M, Cagidiaco MC, Borracchini A, et al. Evaluation of a chemical etching solution for nickel-chromium-beryllium and chromium-cobalt alloys[J]. J Prosthet Dent, 1989, 62(5): 516-521.

[26] Casucci A, Osorio E, Osorio R, et al. Influence of different surface treatments on surface zirconia frameworks[J]. J Dent, 2009, 37(11): 891-897.

(本文编辑　傅希文)

本文引用：夏玉宏, 徐飞, 陈蕾, 周雄文, 曹扬, 童汇. 氧化锆表面不同处理方式对锆瓷与饰瓷结合强度的影响[J]. 中南大学学报(医学版), 2019, 44(1): 53-58. DOI:10.11817/j.issn.1672-7347.2019.01.009

Cite this article as: XIA Yuhong, XU Fei, CHEN Lei, ZHOU Xiongwen, CAO Yang, TONG Hui. Effect of different surface zirconium oxide treatments on binding strength between zirconia and veneering ceramics[J]. Journal of Central South University. Medical Science, 2019, 44(1): 53-58. DOI:10.11817/j.issn.1672-7347.2019.01.009