

“EFECTO DEL TRATAMIENTO TERMICO AL DIOXIDO DE ZIRCONIO SOBRE LA RESISTENCIA ADHESIVA A LA CERAMICA DE REVESTIMIENTO POR TEST DE MICROTENSION”

La Rotta, P. Duarte, A. Sánchez, M. Ortiz, J.*

Línea de investigación **prostodoncia.**

Guzmán, A. **

Categoría **Postgrados.**

Hernández, L.R. ***

López de Mesa, C. ****

RESUMEN

Contexto: Una de las variables del éxito de las restauraciones totalmente cerámicas, es la adhesión íntima de la cerámica de revestimiento a la cofia de zirconio. La delaminación de la cerámica al zirconio se ha presentado como una de las principales fallas del sistema. La resistencia adhesiva está determinada por diferentes factores, entre ellos tratamientos térmicos a la estructura de zirconio (Regeneración por cocción). **Objetivo:** Comparar la resistencia adhesiva de dos marcas de Dióxido de zirconio según diferentes tratamientos de regeneración por cocción (estabilización de la estructura), a 1000°C y 1180°C, versus un grupo control sin tratamiento térmico, mediante test de micro-tensión a la cerámica de revestimiento. **Método:** Estudio experimental transversal de tipo analítico comparativo in Vitro. Se fabricaron 48 bloques de dióxido de zirconio sinterizados estandarizados de 5mm de grosor, 11mm de ancho por 11mm de largo y con una perforación central de 5mm de diámetro; la mitad de ellos en Zirconio Vita y la otra mitad Zirconio Ceramil. Estos se dividieron en 6 grupos de 8 bloques cada uno, Grupo A. (Zirconio Vita / Tratamiento térmico a 1000°C), Grupo B (Zirconio Vita / Tratamiento térmico a 1180°C), grupo C (Zirconio Vita / Sin tratamiento térmico), grupo X (Ceramil / Tratamiento térmico a 1000°C), grupo Y (Ceramil / Tratamiento térmico a 1180°C) y grupo Z (Ceramil / Sin tratamiento térmico) La superficie de la perforación se pulió con una fresa cilíndrica de grano fino, lo cual genera un cambio térmico en la superficie del zirconio. En el siguiente paso se sometió dicho material a la estabilización de la estructura por medio de tratamientos térmicos y luego de ello se aplicó la cerámica de revestimiento, a cada uno de los bloques. Para medir y comparar la resistencia adhesiva de la interfase dióxido de zirconio / cerámica de revestimiento de cada bloque, se utilizó una máquina universal de ensayos (Shimadzu). **Resultados:** No hay diferencia estadísticamente significativa en la resistencia adhesiva entre los grupos con diferentes tratamientos térmicos ni en la marca Ceramil, ni en la marca Vita. El tipo de fractura en todos los grupos fue cohesiva. **Conclusiones:** La regeneración por cocción no aumenta ni disminuye significativamente la resistencia adhesiva de la cerámica de revestimiento al zirconio. No se encontraron diferencias significativas al incrementar o disminuir la temperatura de la estabilización de la estructura y el tipo de falla en todos los especímenes fue cohesivo.

Palabras clave: Prostodoncia, Materiales dentales, Resistencia

ABSTRACT

Background: One of the variables of success of all ceramic restoration is the close bonding of the veneering ceramic to zirconia coping. Delamination of the ceramic to the zirconium it has become one of the major system failures. Bond strength is determined by different factors, among them thermal treatment (regeneration firing). **Objective:** To compare bond strength of two zirconia dioxide brands according to different regeneration firing treatments (structural stabilization), at 1000 °C and 1180 °C, versus a control group with no thermal treatment, by microtensile test of the veneering ceramic. **Method:** Experimental, cross sectional study, in vitro comparative type. Forty eight standardized blocks of zirconia dioxide sintered of 5mm thickness, 11 mm width by 11 mm length and with a central hole of 5 mm diameter were made, half of them in Vita Zirconia and the other half in ceramil Zirconia. They were divided in 6 groups each one of 8 blocks, Group A (Zirconia Vita /thermal treatment at 1000 °C), Group B (Zirconia Vita/ thermal treatment at 1180 °C) , Group C (Zirconia Vita/ no thermal treatment), X group (Ceramil/ thermal treatment at 1000 °C, Y Group (Ceramil/ Thermal treatment at 1180 °C) and Z group (Ceramil/ no thermal treatment). The hole surface was polished with a fine grit cylindrical diamond bur, which generates a thermal change on zirconia surface. Subsequently the material was submitted to structural stabilization by thermal treatment and then veneering ceramic was applied to each block. To compare interface zirconia dioxide / veneering ceramic bond strength of each block, a universal testing machine (Shimadzu) was used. **Results:** There is no statistical significant difference in bond strength among the different thermal treatment groups neither in Ceramil brand nor in Vita brand. All groups presented a cohesive type of fracture. **Conclusions:** Bond strength of veneering ceramics to zirconia is not significantly modified by regeneration firing. No significant differences were found by increasing or diminishing the temperature of stabilization framework and the type of failure of all the specimens was cohesive.

Keywords: Prosthodontics, dental materials, bond strength

*Residentes de Prostodoncia

**Director científico, director del Postgrado de Prostodoncia

***Asesor metodológica docente de Investigación

****Asesora estadística, estadística docente de investigación

INTRODUCCIÓN

Desde la introducción de las restauraciones totalmente cerámicas por McLean en 1965, con el fin de eliminar la estructura metálica y brindar al paciente altos niveles estéticos en sus restauraciones, se han desarrollado materiales cerámicos con mayor resistencia, mejor adaptación marginal y translucidez (KELLY JR 1996)^{1,2)}

Nuevos materiales y procesos tecnológicos en restauraciones totalmente cerámicas han mejorado significativamente tanto sus propiedades físicas como estéticas (KELLY 1996).²⁾

La introducción del dióxido de zirconio abrió la puerta para diseñar prótesis parcial fija totalmente cerámica, sin ninguna o muy poca limitación con respecto a su tamaño.³⁾

Varios estudios hablan de las propiedades físicas del zirconio como su dureza, resistencia flexural, coeficiente de expansión térmica, demostrando su alta resistencia y sus múltiples indicaciones.⁴⁾

Sin embargo, la delaminación de la cerámica de revestimiento a la estructura de zirconio se ha reportado en un 13.0% luego de un periodo de observación de 3 años y 15.2% luego de 5 años, generando controversias y varios interrogantes entre los mismos profesionales. Por ello, la suficiente resistencia adhesiva entre la cerámica de revestimiento y la estructura de zirconio, es necesaria para garantizar la longevidad del tratamiento^{5,6,7)}.

La resistencia adhesiva en la interfase dióxido de zirconio y cerámica de revestimiento está determinada por diferentes factores: Fuerzas interatómicas asociadas a enlaces iónicos y covalentes; Generación de fuerza compresiva, debido a la diferencia en los CET del zirconio y cerámica; Retención mecánica y diseño de la estructura de zirconio; Grosor de capas de cerámica de revestimiento; Dirección, magnitud y frecuencia de carga aplicada; Diferentes tratamientos de superficie (pulido, arenado y cubierta de sílice), aplicación de liners, y tratamientos térmicos al zirconio (Regeneración por cocción o estabilización de la estructura)^{5,8,9,10)}; Siendo este último factor a evaluar en este estudio.

El bloque de zirconio presinterizado se compone de 90% de dióxido de zirconio (ZrO_2), 5% de dióxido de itrio (Y_2O_3), 3% de dióxido de Hafnio (HfO_2), 1% de dióxido de aluminio (Al_2O_3) y 1% de dióxido de sílice (SiO_2). Según la ISO 6872 este material tiene una resistencia flexural mayor de 900 MPa.^{4,10)}

Este material, se encuentra en la naturaleza en una fase monoclinica, que se presenta en una forma estable a temperatura ambiente hasta 1170°C, si la temperatura está por encima de este límite, se forma una fase tetragonal, y a 2370°C sucede la modificación cúbica. Cuando el material se enfría, la transformación será reversible a cualquier temperatura.^{4,11,12)}

Los cambios de reticulado espacial, generan que todas sus partículas se compriman formando una estructura altamente resistente, obliterando líneas de fractura evitando que se propaguen. Lo anterior se logra mediante el proceso de sinterización el cual sucede a 1500°C, durante 8 horas.

Los odontólogos prueban las estructuras del zirconio realizando tallados sobre estas, sometiendo esta estructura a un cambio térmico, y modificando así la capa superficial del zirconio de una fase tetragonal a monoclinica, lo cual obliga al técnico a estabilizar la estructura por medio de regeneración por cocción. Solo un fabricante (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Alemania) recomienda la estabilización de la estructura de zirconio durante 15 minutos a 1000°C, lo cual restablece la fase tetragonal.¹³⁾

En el estudio de Kosmac T y Oblak¹⁴⁾ afirmaron que, el pulido produce una capa superficial monoclinica, influenciando en la resistencia adhesiva de la interfase zirconio / cerámica de revestimiento, esto se debe al bajo coeficiente de expansión térmica de la fase monoclinica ($7.5 \cdot 10^{-6}/K$) que es considerablemente inferior que el de zirconio tetragonal ($10.8 \cdot 10^{-6}/K$). Lo cual soporta la hipótesis, que la unión cerámica-zirconio esta totalmente ligada a las diferencias de coeficientes de expansión térmica y a la transición de fase tetragonal a monoclinica que será restablecida por medio de tratamiento térmico. Entonces, se ha planteado el interrogante respecto a si la fase tetragonal se logra a una temperatura superior a 1170°C, ¿porque la estabilización no se realiza a 1180°?

Para medir la resistencia de adhesión de sistemas totalmente cerámicos, se han usado pruebas de corte tangencial o microtensores, las cuales evalúan la influencia de la superficie de sustrato en calidad de adhesión. Los estudios de laboratorio han mostrado que la falla del revestimiento principalmente ocurre cerca de la interfase cerámica - zirconio.^{5,10,15)}

Para dicho test se ha utilizado una Máquina universal de ensayos mecánicos, este equipo aplica fuerzas o desplazamientos a la muestra

con objeto de medir la resistencia del material, rigidez y demás parámetros que definen su comportamiento mecánico, las características técnicas son, carga máxima 100 kN y células de carga de 100 N a 100 kN.

El objetivo de este estudio fue comparar la resistencia adhesiva de zirconio a cerámica de revestimiento, según diferentes tratamientos de regeneración por cocción (1000 y 1180°C versus un grupo control, sin tratamiento térmico) y determinar visualmente el tipo de falla.

MÉTODO

Estudio experimental transversal comparativo, para el cual se escogieron dos marcas comerciales de dióxido de Zirconio, Zirconio Yz (Vita) y Zirconio Ceramil. Los bloques originales de zirconio fueron cortados con un equipo laser (Grabado laser LG900/LC 6090 y Cortadora) en pequeños bloques estandarizados de 5mm de grosor, 11mm de ancho por 11mm de largo con una perforación central de 5mm de diámetro (Fig. 1) Se obtuvieron 24 bloques de cada marca para un total de 48. Estos se distribuyeron aleatoriamente en 6 grupos de 8 bloques cada uno.

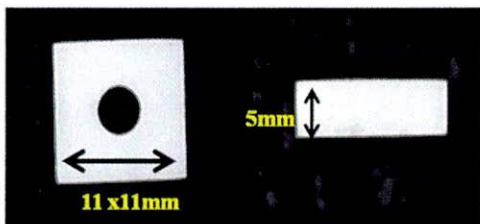


Fig. 1 Representación esquemática del espécimen

Cada bloque se llevó a proceso de sinterización. Luego se utilizó una fresa de grano fino montada en una fresadora la cual talla las paredes de la perforación central de cada bloque. En el siguiente paso los bloques se llevaron al proceso de regeneración por cocción o estabilización de la estructura por medio de tratamiento térmico. Para este estudio se tomaron dos temperaturas para el proceso de la regeneración, a 1000°C, 1180°C y un grupo control al cual no se le realizó estabilización de la estructura.

Los grupos fueron divididos de la siguiente manera, Grupo A. (Zirconio Vita / Tratamiento térmico a 1000°C), Grupo B (Zirconio Vita / Tratamiento térmico a 1180°C), grupo C (Zirconio Vita / Sin tratamiento térmico), grupo

X (Ceramil / Tratamiento térmico a 1000°C), grupo Y (Ceramil / Tratamiento térmico a 1180°C) y grupo Z (Ceramil / Sin tratamiento térmico); Luego de realizar el tratamiento térmico a cada bloque se le aplico la cerámica de revestimiento (Linner, VM9 / Vita) la cual fue una variable constante en este estudio (Fig. 2).

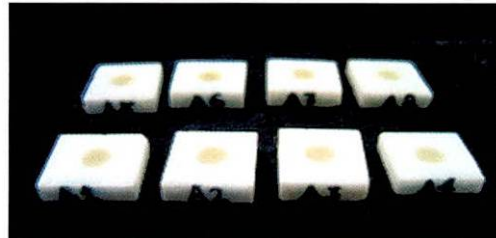


Fig. 2 Fotografía, Grupo A, con cerámica de revestimiento.

La superficie de los bloques se pulió con papel siliconado de grano fino, para eliminar excesos de porcelana que pudieran interferir en la prueba. Cada bloque fue medido por medio de un calibrador y los datos fueron introducidos en la base de datos del computador.

Los 6 grupos fueron evaluados y comparados por test de microtensión en una maquina universal de ensayos (Shimadzu, certificado de calibración No 1289 del 11 de noviembre de 2008 expedido por el laboratorio de calibración CONCRELAB) (Fig. 3), La fuerza fue aplicada a una velocidad de 1mm/min., a la cerámica hasta que ocurrió la fractura, para determinar la resistencia adhesiva de cada bloque (Fig. 4)



Fig. 3 Fotografía, Maquina universal de ensayos mecánicos, y Dispositivo utilizado en el test de microtensión

Luego de la fractura cada espécimen fue observado visualmente a 40X para determinar si la falla fue adhesiva o cohesiva.

Se utilizo el análisis de varianza (ANOVA) para analizar estadísticamente los resultados y la prueba de Bonferroni para comparar los promedios.

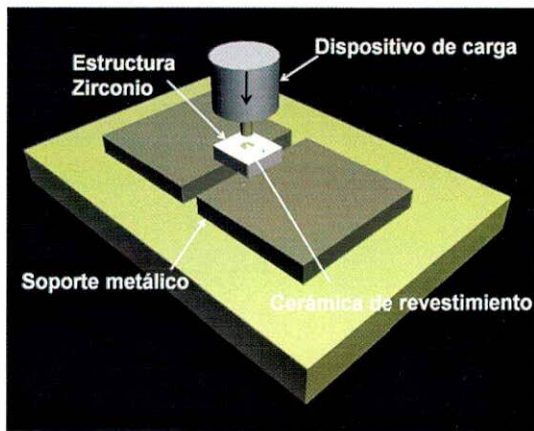


Fig. 4 Representación esquemática del espécimen bajo test de microtensión.

COMPARACION DE LOS INTERVALOS DE CONFIANZA DE MÁXIMO ESFUERZO QUE PRODUCE FRACTURA (MPa)

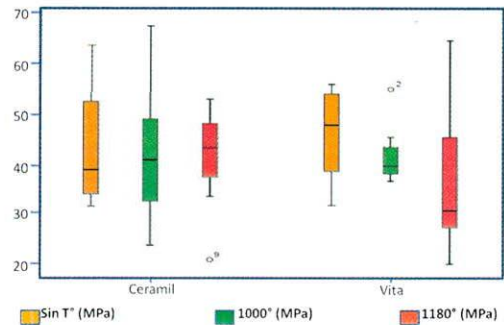


Fig. 5 Grafica comparativa. Resistencia de corte luego de regeneración por cocción

RESULTADOS

La resistencia adhesiva entre la estructura de zirconio marca Vita y cerámica de revestimiento de acuerdo al tratamiento térmico, ejercido sobre la estructura; y según los valores medios de Máximo esfuerzo, no presentó diferencia estadísticamente significativa (Fig. 5) En el tratamiento térmico a 1180°C se observan valores con la mas alta dispersión. En la marca Ceramil la resistencia adhesiva a cerámica de revestimiento según tratamiento térmico tampoco tuvo diferencias estadísticamente significativas como se observa en la tabla de análisis de varianza (ANOVA) (Tabla.1), en el tratamiento térmico a 1000°C se observan valores con más alta dispersión.

		ANOVA		
		Suma de Cuadrados	F	Sig.
Max-Esfuerzo (MPa)1000°	Inter-grupos	1	.008	.929
	Intra-grupos	1689		
	Total	1690		
Max-Esfuerzo (MPa)1180°	Inter-grupos	110	.659	.430
	Intra-grupos	2342		
	Total	2452		
Max-Esfuerzo (MPa)Sin T°	Inter-grupos	30	.248	.626
	Intra-grupos	1708		
	Total	1738		

Tabla 1 Análisis de varianza (ANOVA), resultados test de microtensión sobre resistencia adhesiva .

La comparación de los intervalos de confianza de máximo esfuerzo (MPa) que produce la fractura en marcas comerciales Vita y Ceramil según tratamiento térmico indica que no hay diferencia significativa entre las diferentes marcas comerciales.

En la observación visual de cada uno de los bloques se determinó que la fractura es de tipo cohesivo, puesto que se observa claramente una capa residual de cerámica de revestimiento sobre la estructura de zirconio.

DISCUSIÓN

Analizando los resultados del presente estudio, la estabilización de la estructura de zirconio, por medio de regeneración por cocción no presentó diferencias en la resistencia adhesiva en la interfase. Este resultado difiere de lo encontrado por Jens Fischer y Grohmann⁵⁾ quienes reportaron que la regeneración por cocción según indicaciones del fabricante, disminuyó la resistencia de corte, entre la estructura de zirconio y cerámica de revestimiento. Afirmando que durante el tratamiento térmico, la capa de compresión en la superficie se relajó, reduciendo de este modo la compresión interna. Además las microfracturas no se obliteraron bajo la temperatura estipulada (1000°C), en consecuencia toda la resistencia disminuyó afectando así la resistencia de corte de la cerámica de revestimiento adyacente a la interfase. La exigencia del fabricante de que la fase de transición luego del pulido debe ser revertida para recuperar el coeficiente de expansión térmica, de la superficie del zirconio tetragonal tampoco pudo ser probada o verificada en este estudio.

Al observar los especímenes se encontró que la cerámica de revestimiento permaneció sobre la superficie del zirconio en todos los gru-

pos, de este modo se puede determinar que la falla no se encuentra en la interfase zirconio-cerámica, sino en la cerámica de revestimiento, presentándose como una falla cohesiva; en estudios anteriores como el realizado por Fischer y Grohmann⁵⁾ en el cual utilizo test de corte, enunciando en sus resultados que la resistencia de adhesión entre zirconio y cerámica de revestimiento, presentaba fallas cohesivas mas no adhesivas, en otras palabras el enlace más débil no fue la interfase sino la cerámica de revestimiento en sí, estos hallazgos también fueron confirmados con las observaciones de Al-Dohan.¹⁰⁾

El éxito a largo plazo de las restauraciones totalmente cerámicas, parece ser determinado, por el débil funcionamiento de la cerámica de revestimiento generando delaminación con la exposición del zirconio, según Petra C Guess¹⁵⁾, quien realizó un estudio de resistencia adhesiva entre diferentes cofias de zirconio a cerámica de revestimiento y la susceptibilidad a efecto termocíclico, concluyo que la interfase cerámica de revestimiento a zirconio, presenta fallas cohesivas de la cerámica de revestimiento y adhesivas en la interfase, lo anterior no es comparable con el presente estudio, pero afirma el débil funcionamiento estructural de la cerámica de revestimiento

Analizando que la falla no se presenta en la interfase Cerámica-zirconio sino cerca de esta, se puede afirmar que la utilización de cerámicas de revestimiento por ser materiales frágiles, limitan la capacidad de absorber energía; propagando la tensión y generando defectos estructurales que pueden dar lugar a una falla prematura, bajo tensiones funcionales bajas. Esto también es descrito por Aboushelib MN^{16,17)}, quien afirmó que la delaminación puede ser el resultado del uso de una cerámica de revestimiento débil o debido a un enlace débil entre la base y el revestimiento. Si el modo de falla es cohesivo, uno puede estimar solamente que la fuerza en enlace entre la base y el revestimiento es más fuerte.

Jager N y M.Erhan Comlekoglu, en un estudio de elementos finitos demostraron que la máxima tensión se presenta en la interfase cofia/cerámica y los sitios mas críticos se encuentran en la cerámica de revestimiento y cerca a la interfase.

Diversos factores pueden interferir en la resistencia adhesiva de cerámicas de revestimiento a zirconio. Las diferencias en los Coeficientes de expansión térmica de estos, pudieron influenciar los valores en la interfase entre estos materiales, al igual que la dirección,

magnitud y frecuencia de la carga aplicada, responsables de la causa de la fractura.^{9,16,17,18)}

El estudio realizado por Hamid M. Ashkanani¹⁹⁾ sobre la adhesión de cerámicas de revestimiento y zirconio comparado con la adhesión de un sistema de aleación metal noble, también obtuvo como resultados que la falla, que se produce en el sistema cerámico, es de tipo cohesivo.

Según la literatura revisada, se afirma que la resistencia adhesiva de la interfase zirconio / cerámica, presenta falla cohesiva de la cerámica de revestimiento y la fractura de esta puede estar influenciada por diferentes factores como: geometría de la restauración, microestructura del material, tensión y grosor de la cerámica, diferencias en los coeficientes de expansión térmica de los materiales, módulos elásticos de los componentes restaurativos, arenado y pulido de la superficie, efectos térmicos y factores intraoral, tales como dirección, magnitud y duración de fuerzas.

CONCLUSIONES

La regeneración por cocción no modifica significativamente la resistencia adhesiva de la cerámica de revestimiento al zirconio.

No se encontró diferencia significativa en la resistencia adhesiva entre las dos marcas de Zirconio.

El tipo de falla en todos los especímenes fue cohesivo

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Denry.Recent Advances in ceramics for Dentistry.Crit Rev Oral bio med 1996;7:134-143.
2. Kelly JR, Nishimura I, Campbel SD. Ceramic in dentist HI a, Ferrari M, Davry : Historical roots and current perspective. J prosth Dent 1996; 75:18-32.
3. Sundh A, Molin M, Sjogren G. Fracture resistance of yttrium oxide partially-stabilized zirconia all-ceramic bridges after veneering and mechanical fatigue testing. Dent Mater 2005; 21: 476-482.
4. Isabelle Denrya, J. Robert Kellyb. State of the art of zirconia for dental

- applications. *Dental Materials* 2008; 24: 299–307.
5. Jens Fischer, Philipp Grohmann, Effect of Zirconia Surface Treatments on the Shear Strength of Zirconia/Veneering Ceramic Composites *Dental Materials Journal* 2008; 27(3): 448 – 454
 6. Sailer I, Fehér A, Filser F, Lüthy H, Gauckler LJ, Schärer P, Hämmerle CHF. Prospective clinical study of zirconia posterior fixed partial dentures: 3-year follow-up. *Quintessence Int* 2006; 37: 41-49.
 7. Sailer I, Fehér A, Filser F, Gauckler LJ, Lüthy H, Hämmerle CHF. Five-year clinical results of zirconia frameworks for posterior fixed partial dentures. *Int J Prosthodont* 2007; 20: 383-388.
 8. Al-Shehri SA, Mohammed H, Wilson CA. Influence of lamination on the flexure strength of dental castable ceramic. *J Prosthet Dent* 1996; 76: 23-28.
 9. De Jager N, Pallav P, Feilzer AJ. The influence of design parameters on the FEA-determined stress distribution in CAD-CAM produced all-ceramic crowns. *Dent Mater* 2005; 21: 242-251.
 10. Al-Dohan HM, Yaman P, Dennison JB, Razzoog ME, Lang BR. Shear strength of core-veneer interface in bi-layered ceramics. *J Prosthet Dent* 2004; 91: 349 - 355.
 11. Heuer A.H., Claussen N., Kriven W.H. and Rühle R. Stability of Tetragonal ZrO₂ Particles in Ceramic Matrices; *J. Am. Ceram. Soc.* 65, 642-650 (1982).
 12. Deville S., Guenin G., Chevalier J. Martensitic transformation in Zirconia Part I. Nanometer scale prediction and measurement of transformation induced relief.; *Acta Materialica* 52, 5697—5707 (2004)
 13. Vita Zahnfabrik. Veneering material Vita VM9. Working instructions. Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, 2007.
 14. Kosmac T, Oblak C, Jevnikar P, Funduk N, Marion L. The effect of surface grinding and sandblasting on flexural strength and reliability of Y-TZP zirconia ceramic. *Dent Mater* 1999; 15: 426-433
 15. Petra C. Guessa, Andreja Kulijsa, Siegbert Witkowska, Martin Wolkewitzb, Shear bond strengths between different zirconia cores and veneering ceramics and their susceptibility to thermocycling Dental materials; 2008; 24; 1556–1567
 16. Moustafa N. Aboushelib, Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations; *Dental Materials*; 2005; 21: 984–991.
 17. Aboushelib MN, de Jager N, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. Part II: Zirconia veneering ceramics. *Dent Mater* 2006; 22: 857-863..
 18. M. Erhan, Comlekoglu, Evaluation of bond strength of various margin ceramics to a zirconia ceramic. *Journal of dentistry* 2008; 36; 822 – 827
 19. Hamid M. Ashkanani, DMD,a Ariel J. Raigrodski, Flexural and shear strengths of ZrO₂ and a high-noble alloy bonded to their corresponding porcelains; *Journal of Prosthetic Dentistry*; 2008; 100: 274-284