

CAUSAS DE FALLAS COHESIVAS Y ADHESIVAS DE LA CERÁMICA DE BLINDAJE EN LA ESTRUCTURA DE Y-TZP - REVISIÓN SISTEMÁTICA

CAUSES OF FAILURES COHESIVE AND ADHESIVE ARMOUR CERAMICS IN THE STRUCTURE OF Y-TZP - SYSTEMATIC REVIEW

Gerardo Javier Mendoza Alvarado¹, Edna Margarita Mendéz Novoa¹, Astrid Lorena Valdés Céspedes¹

RESUMEN

Objetivo: Identificar mediante una revisión sistemática de literatura cuáles son las causas de fallas cohesivas y adhesivas de la cerámica de blindaje en la estructura de Y-TZP. **Metodología:** Se realizó una búsqueda en revistas electrónicas indexadas publicadas desde el 2000 hasta el 2014, de la cual resultaron 8660 artículos, distribuidos de la siguiente manera, 3390 Ebsco, Cochrane 309, Pubmed 4961, se excluyeron por duplicado 83, por título 8234 y por resumen 232, para un total de 96 artículos, a los cuales se les aplicó las plantillas ACFO (Asociación Colombiana de Facultades de Odontología) y la plantilla SING para revisión sistemática; quedando 26 artículos. **Resultados:** De 8660 artículos encontrados se seleccionaron 26, los cuales reportaron que las principales causas de delaminación y chipping de la cerámica de blindaje en la estructura de Y-TZP son el coeficiente de expansión térmica, procesos de enfriamiento y calentamiento de la estructura, los tratamientos de superficie y otros factores (espesor de la cerámica, diseño de la preparación, técnicas de agregado, cargas oclusales, entre otros). **Conclusión:** Las causas más relevantes de chipping y delaminación de la cerámica de blindaje sobre la estructura Y-TZP es el coeficiente de expansión térmica, procesos de enfriamiento y calentamiento de la estructura y los tratamientos de superficies, los cuales generaron mayores transformaciones de la fase tetragonal a la fase monoclinica, ocasionado una mayor inestabilidad entre los materiales.

Palabras Clave: Zirconio delaminación, Zirconia tratamiento de superficie, Chipping Zirconia, Zirconia, resistencia a la fractura Zirconia, Debonding zirconia, Y-TZP Zirconia, estrechura de la zirconia, Adhesión cerámica

ABSTRACT

Objective: To identify through a systematic literature review of the causes of the cohesive and adhesive ceramic armor in the structure of Y-TZP faults. **Methods:** A search of electronic journals indexed published from 2000 to 2014, which were 8660 articles, distributed as follows, 3390 Ebsco, Cochrane 309, Pubmed 4961 were excluded duplicate 83 Title 8234 was performed and by abstract 232, for a total of 96 items to which they apply the ACFO (Colombian Association of Dental Schools) SING templates and template for systematic review; remaining 26 items. **Results:** Of 8660 articles found were selected 26, which reported that the main causes of delamination and chipping of the veneering ceramic in the structure of Y-TZP are the coefficient of thermal expansion, process cooling and heating of the structure, surface treatments and other factors (thickness of the ceramic design preparation techniques added, occlusal loads, etc.). **Conclusion:** The most important causes of chipping and delamination of the veneering ceramic structure on Y-TZP is the coefficient of thermal expansion, cooling and heating processes of the structure and surface treatments, which generated higher phase transformations tetragonal to monoclinic phase, caused greater instability between materials.

Key words:

Zirconio delamination, Zirconia surface treatment, Chipping Zirconia, Zirconia, Fracture Toughness Zirconia, Debonding of zirconia, Y-TZP Zirconia, Core of zirconia, Ceramic Adhesión

¹ Estudiante posgrado en Prostodoncia del. Colegio Odontológico, Bogotá D.C. Institución Universitaria Colegios de Colombia, UNICOC.

Autor responsable de correspondencia: Edna Margarita Mendéz Novoa, Correo electrónico: ednamargarita09@hotmail.com

Citar como: ***** Jour Odont Col 2015; 1-18

Recibido Agosto 2014, aceptado Septiembre 2014.

INTRODUCCIÓN

Las exigencias estéticas de los pacientes han generado grandes avances en el desarrollo de nuevos materiales dentales, buscando siempre que su comportamiento, sea similar al del tejido dental. Actualmente el Y-TZP, presenta alta resistencia a la dureza, que lo convierte en el material ideal para las restauraciones totalmente cerámicas en el sector anterior y posterior; sin embargo, el mayor problema que presenta este material, es la propagación de grietas y fracturas.

Por lo cual se hace necesario realizar esta revisión ante la situación de fallas adhesivas y cohesivas a la cerámica de blindaje y a la estructura de Y-TZP, para identificar cuáles son las causas más frecuentes y determinar cómo prevenirlas según lo que reporta la literatura.

El zirconio se ha conocido como una gema desde tiempos antiguos. El nombre del metal (zirconia) proviene del término árabe zargon (color dorado) el cual a su vez proviene de los términos persas "zar" (oro) y "gun" (color). La Zirconia (que es un dióxido de metal ZrO_2) fue identificada como tal en 1789 por el químico alemán Martín Heinrich Klaproth.¹

El dióxido de zirconio (ZrO_2), conocido como zirconia, es cristalino blanco, el cual es un compuesto del elemento zirconio que aparece en la naturaleza y desde hace 15 años se utiliza en odontología; este se estabiliza con Itrio y se puede enriquecer con alúmina, de ahí deriva sus propiedades positivas: como alta resistencia a la flexión, resistencia a la fractura.²

La Zirconia tiene características físicas únicas que hacen que sea el doble de fuerte y resistente en comparación a las cerámicas basadas en alúmina. Otra propiedad físicamente importante es la resistencia a la fractura, la cual se ha reportado entre 8 MPa y 10 MPa, lo que lo hace significativamente más alto que cualquier otra cerámica dental. La resistencia a la fractura es la capacidad que tiene un material al ser indentado, para inhibir la propagación de las grietas. Los reportes clínicos sobre la Zirconia no han demostrado ningún problema sobre la estructura, las fallas han estado asociadas al chipping (fallas cohesivas) y a la delaminación (fallas adhesivas).³

Hasta la fecha hay tres tipos de cerámicas que refuerzan la estructura de zirconia, las cuales son utilizadas en odontología, la alúmina, el magnesio y zirconia policristalina tetragonal estabilizada con itrio, de las cuales la más utilizada es la Y-TZP, por presentar alta fuerza flexural en un rango de 900 a 1200 MPa.²

La Zirconia es un polimorfo completamente conocido que se presenta en tres formas: monoclinico (M), cúbico (C), y tetragonal (T). La Zirconia pura es monoclinica a temperatura ambiente. Esta fase es estable hasta 1170 °C. con una forma de prisma recto con lados rectangulares, por encima de esta temperatura, ésta se transforma en tetragonal, organizado en celdas cristalinas las cuales pueden ser categorizadas en forma de un prisma recto con lados cuadrados y luego en fase cúbica a 2370 °C la cual se constituye en forma de un prisma amorfo con lados paralelepípedo. La fase cúbica tiene moderadas propiedades mecánicas, la fase monoclinica muestra reducción en las propiedades y la fase tetragonal provee mejores propiedades mecánicas.⁴

Durante el enfriamiento, una transformación de la fase tetragonal a monoclinica (T-M) se produce en un intervalo de temperatura de 670 a 1070 °C, seguido de una expansión de volumen de aproximadamente 3 a 4%. Esta transformación de fase genera tensiones que dan lugar a la formación de grietas, debido a un aumento en el reticulado estructural.¹⁻⁴

La estabilidad de la fase tetragonal se logra mediante la adición CaO, MgO e Y₂O₃. El papel de estos óxidos es la creación de espacios dentro de la estructura cristalina, las cuales mantienen el equilibrio entre cargas positivas y negativas cuando los cationes Zr⁴⁺ son sustituidos por los cationes de estos óxidos (cuya valencia es diferente a la del Zr). La razón de la estabilización de la fase tetragonal reside en que en la zirconia monoclinica, el número de coordinación de los iones Zr⁴⁺ es 7, mientras que en la zirconia tetragonal y cúbica el número es 8. La fase monoclinica es estable a temperatura ambiente debido a que su número de coordinación se ve favorecido por la naturaleza covalente de los enlaces Zr-O. Al incrementar la temperatura, la concentración de espacios de oxígeno aumenta, para acomodar estos espacios térmicamente generados, la estructura cambia a una con número de coordinación 8 (fases tetragonal y cúbica). La estabilidad de la fase tetragonal requiere pequeñas concentraciones de espacios, mientras que la fase cúbica requiere un número mucho mayor. En el caso descrito, la concentración de espacios de oxígeno se produce por las altas temperaturas (cambio en la presión de oxígeno).²

Muchas de las restauraciones cerámicas son compuestas por dos capas de materiales, la estructura de Y-TZP, que soporta la carga y la porcelana de

recubrimiento para la estética. Las cerámicas de recubrimiento utilizadas para la estructura de zirconia son primariamente compuestas de cerámicas vítreas con una composición menor en diferencias microestructurales dependiendo del fabricante. Caolín, sílice y feldespato son los principales componentes de las cerámicas de recubrimiento, cerámicas vítreas reforzadas con leucita y cerámicas vítreas nanofluorapatitas son también utilizadas para fabricar restauraciones en zirconia.⁴

Muchos factores pueden influenciar en la fuerza de adhesión entre la estructura de zirconia y la cerámica de blindaje como puede ser, estrés residual generado por incompatibilidad del coeficiente de expansión térmica, la interface que se genera en el proceso de fabricación de las mismas y tratamientos de superficie realizados a la estructura de zirconia.⁴

Los diferentes tratamientos de superficie que se han utilizado, son el desgaste de la superficie, el pulido, el arenado, la aplicación de liners y tratamientos térmicos, que aunque son para aumentar la adhesión, pueden producir fallas en la unión de la estructura con la cerámica de recubrimiento^{1,5,6}

La falla en la cerámica de recubrimiento se presenta en forma de grieta, en la interface de la estructura, clasificada como una falla cohesiva, chipping y la falla adhesiva se presenta en la cerámica de blindaje, delaminación.⁷

En cuanto al coeficiente de expansión térmica (CET), se define como un incremento en el volumen de un material a medida que aumenta su temperatura; un CET es alto cuando el material tiende a ser más noble y por otra parte los

materiales duros tienden a tener un CET bajo. La incompatibilidad del CET entre dos materiales como la Zirconia ($10^{-6} / ^\circ\text{C}$) y la cerámica de blindaje (entre 12 y $14 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$) dependen de la cerámica de recubrimiento y del fabricante) puede generar una tensión residual importante en la unión de estos, que al recibir una fuerza, pueden causar fallas.^{4,8,9}

El porcentaje de fractura de la cerámica de recubrimiento, es del 15% después de 24 meses, el 25% después de 31 meses y el 8% después de 36 meses, siendo las fallas adhesivas y cohesivas de la cerámica uno de los principales factores responsables del fracaso de las restauraciones.⁴

Por todo esto se hace necesario conocer las causas, del chipping y de la delaminación y así poder implementar las técnicas que puedan prevenir este fenómeno y disminuir los valores de fracaso post tratamiento.

El objetivo de este estudio fue identificar las causas de fallas cohesivas y adhesivas de la cerámica de blindaje a la estructura de Y-TZP.

METODOLOGÍA

Estrategia de búsqueda. Revisión sistemática de literatura. Para identificar los estudios que evaluaron las causas que influyen en el chipping y en la delaminación de la cerámica de blindaje en la estructura de Y-TZP en la presente revisión sistemática, se realizó una búsqueda de literatura en revistas electrónicas indexadas contenidas en las bases de datos Ebsco, Cochrane y Pubmed utilizando los siguientes descriptores de búsqueda: Delaminación de zirconio,

tratamiento de superficie zirconio, Chipping del zirconio, zirconia, Dureza del zirconio a la fractura, Debonding del zirconio, Zirconio. Y-TZP, núcleo en zirconia, adhesión a la cerámica, y su traducción al inglés, publicados entre Enero de 2000 hasta el 2014, de la cual resultaron 8660 artículos, distribuidos de la siguiente manera, 3390 en Ebsco, 309 en Cochrane, 4961 en Pubmed, se excluyeron por duplicado 83, por título 8234 y por resumen 232, para un total de 96 artículos (Anexo A), a los cuales se les aplicó las plantillas ACFO (Asociación Colombiana de Facultades de Odontología) y la plantilla SING para revisión sistemática; quedando 26 artículos (Anexo B).

Entre los estudios que aportaron información en la presente revisión sistemática se encontraron principalmente 23 estudios experimentales, 1 estudio descriptivo transversal, 1 estudio de cohorte retrospectivo y una revisión sistemática (Anexo C).

RESULTADOS

Dentro de los artículos seleccionados para esta revisión sistemática, se analizó las causas de la delaminación y chipping de la cerámica de blindaje en la estructura de Y-TZP, dentro de las cuales podemos clasificar tratamientos de superficie, coeficiente de expansión térmica, proceso de enfriamiento y calentamiento de la estructura, y otros factores (espesor de la cerámica, diseño de la preparación, técnicas de agregado, cargas oclusales, entre otros).

Tratamientos de Superficie

Sato, Doi y Soung^{6,10,11}, reportaron en sus estudios tratamientos abrasivos y térmicos en donde se mostró que con los tratamientos abrasivos se generaba una mayor fase de transformación de Tetragonal a Monoclínica en donde determinaron que con el tratamiento térmico no disminuyó la adhesión entre la estructura de Y-TZP y la cerámica de blindaje; todos sugieren que con el tratamiento térmico después del tratamiento abrasivo mejora la adhesión y puede ser reversada la fase monoclínica a la fase tetragonal.

Chintapalli, Yamaguchi y Aboushelib¹²⁻¹⁴ reportaron en su estudio que el tratamiento de superficie de arenado sobre la estructura de Y-TZP induce un cambio en la transformación de tetragonal a monoclínica, siendo mayor la fase de transformación cuando las partículas son de gran tamaño y sugieren un tratamiento térmico para estabilizar la fase monoclínica a la tetragonal.

Kim, Tada y Col.^{5,15} en el siguiente año, realizaron tratamiento de liner, desgaste y arenado en superficies de Y-TZP, en donde encontraron que el tratamiento con liner solamente, generó una mayor tasa de fracaso y fractura de la cerámica de blindaje, ocasionando fallas adhesivas, sin embargo el arenado y el pulido afecta la fase de transformación, por lo tanto sugieren realizar un tratamiento de superficie con liner más un tratamiento térmico para mejorar la adhesión y prevenir el chipping, del mismo modo recomiendan mejorar la dureza de las cerámicas de blindaje.

Elsaka¹⁶ realizó un tratamiento de arenado, cloruro de metileno y una solución de grabado caliente, siendo que éste último debería ser considerado un tratamiento alternativo para prevenir la fase de transformación de tetragonal a monoclinica.

Grigore y col¹⁷, emplearon en su estudio tratamientos de superficie de grabado térmico y arenado, generando una mayor fase de transformación de tetragonal a monoclinica y concluyeron que al realizar un tratamiento de arenado y posteriormente un tratamiento térmico pudieron obtener una reversa de esta transformación.

Coeficiente de expansión térmica

De Kler y Hallman^{4,18}, confirmaron en su estudio que al utilizar cerámica de blindaje con diferentes coeficientes expansión térmica sobre la estructura de zirconia se generaba un cambio en la transformación de la fase tetragonal a monoclinica mayor que con el tratamiento abrasivo, por lo que ellos sugieren un pre- tratamiento abrasivo antes de la cerámica de recubrimiento.

Meira, Swain y Col.^{19,20} concluyen que los cambios de coeficientes de expansión térmica y enfriamiento rápido afectan significativamente el stress residual de la cerámica de blindaje en la estructura Y-TZP.

Otros factores

Matsumoto y Col.⁹ reportaron que al utilizar cerámicas intermedias de baja resistencia y con un enfriamiento lento disminuye la adhesión entre la cerámica de blindaje a la estructura de zirconia.

Mainjot y Col.²¹ destacan la importancia del espesor de la estructura del Y-TZP y la cerámica de blindaje donde concluyen que la diferencia entre éstos, generan tensiones residuales.

Guess y Col.²² reportan que el soporte anatómico de la estructura del Y-TZP influyen en el chipping, encontrando así que a un mayor espesor en la cerámica de blindaje se genera una mayor área de chipping (fallas cohesivas) y adicional se localizaron en cúspides funcionales, en área de contacto; y qué técnica de prensado y por capa para la colocación de cerámica de blindaje da mayor previsibilidad por lo cual concluye realizar buen diseño de la estructura basado en un mayor espesor de la misma disminuyendo el espesor de la cerámica en altura que en sentido vestíbulo lingual.

Broseghini y Col.²³ atribuyen las causas de chipping a los cambios de coeficientes de expansión térmica a los incorrectos valores de enfriamiento, calentamiento y a los incorrectos tratamiento de superficie al Y-TZP antes de colocar la cerámica de blindaje y al inadecuado soporte de la misma.

Baldassarri, Allahkarami en el 2011 y Koenig en el 2013^{24,26}, reportaron que las causas de la iniciación y propagación de grietas sobre las estructuras del Y-TZP, están relacionadas con ciertos parámetros de riesgo, como las restauraciones antagonistas, restauraciones implanto-soportadas, la actividad parafuncional, las cargas oclusales y la falta de uso de placas oclusales.

Aktas en el 2013²⁷, demostraron que al agregar cerámica de blindaje con diferente coeficiente de expansión térmica disminuyó notablemente la unión a la estructura

de Y-TZP; al mismo tiempo utilizaron un colorante líquido para opacar la estructura, y ver si afectaba la interface, encontrando como resultado que dicha técnica no tenía relevancia en la fuerza de adhesión.

En el año 2013, Vidotti y Col²⁸, realizaron técnicas de ciclo térmico y mecánico, así como métodos de recubrimiento por capas y prensado, donde demostraron que no se veía influenciada la fuerza de unión. Por el contrario las diferencias de CET entre materiales si generaban disminución en dicha unión, durante la cocción en la cerámica de blindaje.

Enfriamiento y calentamiento

Mait y col²⁹, se enfocaron en determinar si el proceso de calentamiento alteraba la cerámica de blindaje y las propiedades del Y-TZP, donde encontraron que efectivamente se afectaba la microdureza y la fuerza flexural de dichas estructuras.

Tan et al³⁰, enfocaron su estudio en el protocolo de enfriamiento y calentamiento, en donde pudieron observar que la mayoría de las fallas se dieron en la interface entre la estructura y la cerámica de recubrimiento a causa de un estrés residual y a las fallas cohesivas; determinando así, que el protocolo de enfriamiento debe realizarse de manera lenta, aunque en su estudio no pudieron establecer un tiempo determinado.

DISCUSIÓN

La zirconia ha sido potencialmente aceptada como un material para tratamientos dentales, este material tiene excelentes propiedades mecánicas, estéticas y de biocompatibilidad.²

Grigore y col en el 2013¹⁷ mencionan en su estudio que el mayor problema asociado a restauraciones total cerámicas con estructuras de zirconia y cerámicas de blindaje, es el chipping y delaminación por lo cual se ha venido investigando las causas, por medio de diferentes tratamientos de superficies. Hallman y col en el 2014⁴ mencionaron que muchos factores pueden influenciar en la fuerza de adhesión entre la estructura de zirconia y las cerámicas de blindaje, dentro de las cuales están, el estrés residual generado por incompatibilidad de coeficientes de expansión térmica, interfaces en los procesos de fabricación, tratamientos de superficie y otros factores.

Los tratamientos de superficie han sido utilizados como alternativa para mejorar la adhesión entre las estructuras de zirconio y cerámicas de blindaje y para prevenir fallas cohesivas y adhesivas que generen las causas del daño a las estructuras.

Sato en el 2008⁶ realizó tratamientos de superficie en la zirconia como abrasivos y térmicos en donde observó un cambio en la fase de tetragonal a monoclinica de la estructura del Y-TZP, luego utilizó un tratamiento térmico después del abrasivo para mejorar la adhesión; similar a recientes estudios de Doi en el 2011 y Song en el 2013^{10,11} en donde ellos concluyeron que el tratamiento térmico realizado por si solo o después de un tratamiento abrasivo o de arenado no mostro transformación de la fase T-M evitando el inicio de fracturas o disminución en la adhesión de la

cerámica de blindaje en la estructura de zirconia, y cuando realizan el tratamiento de arenado que ocasiona cambio en la transformación de la fase monoclinica, éste podía ser revertido tras un tratamiento térmico y pasar de fase monoclinica a tetragonal como lo confirman también Aboushelib y col 2013¹⁴ que utilizaron el tratamiento térmico para estabilizar la fase tetragonal después de haber aplicado tratamiento de arenado con grandes partículas. Adicionalmente otros tratamientos de superficie han sido causas de cambios en la estructura de transformación de la fase de T-M, tales como liners, cloruros de magnesio, solución de grabado térmico que no han mostrado gran relevancia en la literatura.^{5,15,16}

Meira y Swain^{19,20} mostraron que los cambios de CET en la contracción térmica afectan significativamente las fuerzas residuales en las capas de recubrimientos del Y-TZP y así mismo, un enfriamiento rápido de su proceso de sinterizado. De Kler y Hallman^{4,18} corroboran esta afirmación observando una extensión de la fase tetragonal a monoclinica en la interface entre la cerámica de blindaje y la estructura de zirconia, considerando que el CET entre estas estructuras debe ser lo más cercano posible para mejorar la interface.

Otros estudios han tomado otros factores como causas de la delaminación y el chipping como la técnicas o métodos de colocación de cerámica de blindaje, técnica a mano y por prensado, que demostraron que estos tuvieron gran influencia en la propagación de grietas y chipping asociadas a fallas por cargas oclusales.²⁴

Contrario a lo afirmado por Vidotti²⁸ en su estudio, indica, que estas técnicas no influyen en la unión entre cerámica de blindaje y estructura de zirconia, lo que si afirma es que coincide con otros estudios en que la diferencia entre los CET genera disminución entre la unión de estos materiales.^{4,19,20}

Koenig²⁶ refiere como otros factores asociados a fallas en estructuras de zirconia en la cerámica de blindaje, las restauraciones sobre implantes, las restauraciones antagonistas y las cargas oclusales; las cuales se les deberían dar mayor importancia debido a que representa un gran factor de riesgo para este tipo de restauraciones.^{24,25} Sin embargo tales factores como el espesor de la cerámica de blindaje sobre la estructura de zirconia se le ha atribuido como un causante de chipping y de delaminación por ser de mayor espesor en la cerámicas de blindaje que en la estructura Y-TZP, ocasionando fallas cohesivas, pero aun así, no se ha establecido un espesor determinado; de otro modo, el diseño de la estructura también se ve influenciado en la distribución de las fuerzas oclusales.^{21,22,26}

Brosghini asoció las fallas de delaminación y chipping, a los espesores de la cerámica de blindaje y a las diferencias entre los coeficientes de expansión térmica de las mismas.²³

CONCLUSIÓN

El presente estudio mostró las diferentes causas de chipping y de delaminación de cerámica de blindaje sobre la estructura de Y-TZP determinando que la causa más relevante es la diferencia entre coeficientes de expansión térmica, seguido de procesos de enfriamiento y calentamiento de la estructura y tratamientos de

superficies que generaron mayores transformaciones de la fase tetragonal a fase monoclinica, ocasionando una mayor inestabilidad entre los materiales.

Se sugiere utilizar materiales con CET lo más cercanos posibles entre la estructura de zirconia y la cerámica de blindaje.

Así mismo, que los procesos de enfriamiento y calentamiento sean lo más lentos posibles aunque no se hayan establecido tiempos determinados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vagkopoulou T, Koutayas S, Koidis P, Strub J. Zirconia in dentistry: part 1. discovering the nature of an upcoming bioceramicthe. European journal of esthetic dentistry 2009; 4(2):130-151
2. Al-Amleh B, Lyons K, Swain M. Clinical Trials in Zirconia: a Systematic Review Journal of oral Rehabilitation 2010; 37: 641-652
3. Giordano R, McLaren E. Classification by microstructure and processing methods. Compendium Continetal educative dental 2010; 31(9): 682-697
4. Hallmann L, Ulmer P, Wille S, Kern M. Effect of differences in coeficient of termal expansión of veneer and Y-TZP ceramics on interface phase transformation. Journal Prosthetic Dentistry 2014.
5. Kim H, Lim H, Park Y, Vang M. Effect of zirconia surface treatments on the shear bond strength of veneering ceramic. Journal Prosthetic Dentistry 2011; 105: 315-322.

6. Sato H, Yamada K, Pezzoti G, Nawa M, Ban S. Mechanical Properties of Dental Zirconia Ceramics Changed with Sandblasting and Heat Treatment. *Journal dental materials* 2008; 27(3): 408-414
7. Durand J, Jacquot B, Salehi H, Fages M, Margerit J, Cuisinier F. Confocal Raman microscopic analysis of the Zirconia / feldspathic ceramic interface. *Dental materials* 2012; 28: 661–671.
8. Craig R, Hanks C, Kohn D, Koran A, Power J, Wagnr W, Wataa J. *Materiales de odontología restauradora* 1998; 10° edición. p 44-45
9. Matsumoto N, Yoshinari M, Takemoto S, Hattori M, Kawada E, Oda Y. Effect of intermediate ceramics and firing temperature on bond strength between tetragonal zirconia polycrystal and veneering ceramics. *Dental Material Journal* 2013; 32(5): 734-743
10. Doi M, Yoshida K, Atsuta M, Takahashi S. Influence of Pre-treatments on Flexural Strength of zirconia and debonding crack-initiation strength of Veneered Zirconia. *Journal Adhesive Dentistry* 2011; 13: 79-84
11. Song J, Park S, Lee K, Yung K, Lim H. Fracture strength and microstructure of Y-TZP zirconia after different surface treatments. *Journal of Prosthetic Dentistry* 2013; 110: 274-280.
12. Chintapalli R, Marro F, Jimenez E, Anglada M. Phase transformation and subsurface damage in 3Y-TZP after sandblasting. *Dental Materials* 2013; 29: 566-572
13. Yamaguchi H, Ino S, Hamano N, Okada S, Teranaka T. Examination of bond strength and mechanical properties of Y-TZP zirconia ceramics with

different surface modifications. Dental Materials Journal 2012; 31(3): 472-480

14. Aboushelib M, Wang H. Influence of crystal structure on debonding failure of zirconia veneered restorations. Dental Materials 2013; 29: 97-102.
15. Tada K, Sato T, Yoshinari M. Influence of surface treatment on bond strength of veneering ceramics fused to zirconia. Dental Materials Journal 2012; 31(2): 287-296.
16. Elsaka S. Influence of surface treatments on the surface properties of different zirconia cores and adhesion of zirconia-veneering ceramic systems. Dental Materials 2013; 29: 239-251.
17. Grigore A, Spallek S, Petschelt A, Butz B, Spiecker E, Lohbauer U. Microstructure of veneered zirconia after surface treatments: A TEM study. Dental Materials 2013; 29: 1098-1107.
18. De Kler M, De Jager N, Meegdes M, Van Der Zel J. Influence of thermal expansion mismatch and fatigue loading on phase changes in porcelain veneered Y-TZP zirconia discs. Journal of Oral Rehabilitation 2007; 34:841-847.
19. Meira J, Reis BR, Tanaka C, Ballester R, Cesar P, Versluis A, Swain M. Residual stresses in Y-TZP crowns due to changes in the thermal contraction coefficient of veneers. Dental Materials 2013; 29: 494-601.
20. Swain M. Unstable cracking (chipping) of veneering porcelain on all-ceramic dental crowns and fixed partial dentures. Acta Biomaterialia 2009; 5: 1668-1677.

21. Mainjot A, Schajer G, Vanheusden A, Sadoun M. Influence of zirconia framework thickness on residual stress profile in veneering ceramic: Measurement by hole-drilling. *Dental Materials* 2012; 28: 378-384
22. Guess P, Bonfante E, Silvá N, Coelho P, Thompson V. Effect of core design and veneering technique on damage and reliability of Y-TZP-supported crowns. *Dental Materials* 2013; 29: 307-316.
23. Broseghini C, Broseghini M, Gracis S, Vigolo P. Aesthetic functional area protection concept for prevention of ceramic chipping with zirconia frameworks. *International Journal of prosthodontics* 2014; 27: 174-176.
24. Baldassarri M, Zhang Y, Thompson V, Rekow E, Stappert C. Reliability and failure modes of implant-supported zirconium-oxide fixed dental prostheses related to veneering techniques. *Journal of dentistry* 2011; 39: 489-498.
25. Allahkarami M, Hanan J. Mapping the tetragonal to monoclinic phase transformation in zirconia core dental crowns. *Dental Material* 2011; 27: 1279-1284.
26. Koenig V, Vanheusden A, Le Goff S, Mainjot A. Clinical risk factors related to failures with zirconia-based restorations: An up to 9-year retrospective study. *Journal of Dentistry* 2013; 41: 1164-1174.
27. Aktas G, Sahin E, Vallittu P, Ozcan M, Lassila L. Effect of colouring green stage zirconia on the adhesion of veneering ceramics with different thermal expansion coefficients. *International Journal of oral science* 2013; 5: 236-241.

28. Vidotti H, Pereira J, Insaurrealde E, Pompéia A, Lins do Valle A. Thermo and mechanical cycling and veneering method do not influence Y-TZP core/veneer interface bond strength. *Journal of Dentistry* 2013; 41: 307-312.
29. Øilo M, Gjerdet N, Tuinnereim H. The firing procedure influences properties of a zirconia core ceramic. *Dental Materials* 2008; 24: 471-475.
30. Tan J, Sederstrom D, Polansky J, McLaren E, White S. The use of slow heating and slow cooling regimens to strengthen porcelain fused to zirconia. *Journal Prosthetic Dentistry* 2012; 107:163-169.
31. M. Chaar, S. Witkowski, J. Strub. Effect of veneering technique on the fracture resistance of zirconia fixed dental prostheses. *Journal of Oral Rehabilitation* 2013; 40: 51-59.
32. R. Ansong, B. Flinn, K. Chung, L. Mancl, M. Ishibe, A. Raigrodski Fracture toughness of heat-pressed and layered ceramics. *Journal Prosthetic Dentistry* 2013; 109: 234-240
33. Teng J, Wang H, Liao Y, Liang X. Evaluation of a conditioning method to improve core-veneer bond strength of zirconia restoration *Journal Prosthetic Dentistry* 2012; 107: 380-387.
34. Kypraiou V, Pelekanos S, Eliades G. Identification of monoclinic phase in CAD/CAM zirconia FPD frameworks. *The european journal of esthetic dentistry* 2012; 7: 418-429.
35. Schley J, Heussen N, Reich S, Fischer J, Haselhuhn K, Wolfart S. Survival probability of zirconia-based fixed dental prostheses up to 5 year: a systematic review of the literature. *European journal of oral sciences* 2010; 118: 443-450

36. Inokoshi M, Zhang F, Munck J, Minakuchi S, Naert I, Vleugels J, Meerbeek B, Vanmeensel K. Influence of sintering conditions on low-temperature degradation of dental zirc. 2014 (no impreso)
37. Hallmann L, Ulmer P, Reusser E, Hammerle C. Surface characterization of dental Y-TZP ceramic after air abrasion treatment journal of dentistry. 2012;723-735.
38. Aboushelib M, Kleverlaan C, Feilzer A. Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations Part II: Zirconia veneering ceramics. Journal dental materials 2006; 22: 857-863.
39. Durand J, Jacquot B, Salehi H, Fages M, Margerit J, Cuisinier F. Confocal Raman microscopic analysis of the zirconia/feldspathic ceramic interface. Journal dental materials 2002; 28: 661-671
40. Tholey M, Berthold C, Swain M, Thiel N. XRD2 micro-diffraction analysis of the interface between Y-TZP and veneering porcelain: Role of application methods. Journal dental materials 2010; 26: 545-552.
41. Alghazzawi T, Lemons J, Liu P, Essig M, Bartolucci A, Janowski G. Influence of Low -Temperature Environmental Exposure on the Mechanical Properties and Structural Stability of Dental Zirconia. Journal of prosthodontics 2012; 21: 363-369.
42. Coelho P, Bonfante E, Silva N, Rekow R, Thompson V. Laboratory Simulation of Y-TZP All-ceramic Crown Clinical Failures. Journal dental restorative. 2009; 8(4): 382-386

43. Fukushima K, Sadoun M, Cesar P, Mainjot A. Residual stress profiles in veneering ceramic on Y-TZP, alumina and ZTA frameworks: Measurement by hole-drilling. *Journal dental materials* 2014; 30: 105-111.
44. Traini T, Gherlone E, Parabita S, Caputi S, Piattelli A. Fracture toughness and hardness of a Y-TZP dental ceramic after mechanical surface treatments. *Clinical oral investigat* 2014; 18: 707-714.
45. Komine F, Saito A, Kobayashi K, Koizuka M, Koizumi H, Matsumura H. Effect of cooling rate on shear bond strength of veneering porcelain to a zirconia ceramic. *journal of oral science* 2010; 52(4): 647-652.
46. Fischer P, Grohmann B. Effect of Zirconia Surface Treatments on the Shear Strength of Zirconia/Veneering Ceramic Composites. *Journal dental materials* 2008; 27(3): 448-454

ANEXO A. Artículos excluidos

TÍTULOS	AUTOR	MOTIVO DE EXCLUSIÓN
Effect of veneering technique on the fracture resistance of zirconia fixed dental prostheses (31)	M. Chaar, S. Witkowski, J.Strub	Resistencia a la fractura de estructura zirconia en prótesis fija.
Fracture toughness of heat-pressed and layered ceramics (32)	R. Ansong, B. Flinn, K. Chung, L. Mancl, M. Ishibe, A. Raigrodski	Resistencia a la fractura de cerámica prensada al calor
Evaluation of a conditioning method to improve core-veneer bond strength of zirconia restorations (33)	J. Teng, H. Wang, Y. Liao, X. Liang	Preparación interna de la estructura
Identification of monoclinic phase in CAD/CAM zirconia FPD frameworks (34)	V. Kypraiou, S. Pelekanos, G. Eliades,	Observa la estructura Y-TZP y no realiza tratamiento de superficie
Survival probability of zirconia-based fixed dental prostheses up to 5 yr: a systematic review of the literature (35)	J. Schley, N. Heussen, S. Reich, J. Fischer, K. Haselhuhn , S. Wolfart	Estudia la estructura de zirconio en prótesis fija de 3 unidades
Influence of sintering conditions on low-temperature degradation of dental zirconia (36)	M. Inokoshi, F. Zhang, J. Munck, S. Minakuchi, I. Naert , J. Vleugels , B. Meerbeek , K. Vanmeensel	Determina la sinterización de la estructura Y-TZP pero no explica el tratamiento de superficie
Surface characterization of dental Y-TZP ceramic after air abrasion treatment (37)	L. Hallmann, P. Ulmer , E. Reusser, C. Hammerle	Observa La rugosidad de estructura de Y-TZP
Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations Part II: Zirconia veneering ceramics (38)	M. Aboushelib, C. Kleverlaan, A. Feilzer	No concluye que tipo de tratamiento produce mayor adhesión
Confocal Raman microscopic analysis of the zirconia/feldspathic ceramic interface (39)	J. Durand, B: Jacquot, H. Salehi, M. Fages, J. Margerit, F. Cuisinier	No determina las fallas de la inter-fase entre la estructura zirconio y la cerámica
XRD2 micro-diffraction analysis of the interface between Y-TZP and veneering porcelain: Role of application methods (40)	M. Tholey, C. Berthold, M. Swain, N. Thiel	Diferentes grosores en la capa de la cerámica
Influence of Low -Temperature Environmental Exposure on the Mechanical Properties and Structural Stability of Dental Zirconia (41)	T. Alghazzawi, J. Lemons, P. Liu, M. Essig, A. Bartolucci, G. Janowski.	No determina el efecto del cambio de la estructura
Laboratory Simulation of Y-TZP All-ceramic Crown Clinical Failures. (42)	P. Coelho, E. Bonfante, N. Silva, E. Rekow, V. Thompson	No determino cual es la causa del chipping
Residual stress profiles in veneering ceramicon Y-TZP, alumina and ZTA frameworks: Measurement by hole-drilling. (43)	K. Fukushima, M. Sadoun, P. Cesar, A. Mainjot.	Compara la adhesión de la cerámica de recubrimiento a diferentes estructuras
Fracture toughness and hardness of a Y-TZP dental ceramic after mechanical surface treatments. (44)	T. Traini, E. Gherlone, S. Parabita, S. Caputi , A. Piattelli	Realiza tratamiento a la estructura total de Y-TZP
Effect of cooling rate on shear bond strength of veneering porcelain to a zirconia ceramic (45)	F. Komine, A. Saito, K. Kobayashi, M. Koizuka, H. Koizumi, H. Matsumura	No determinan los tiempos de enfriamientos entre la cerámica y estructura zirconio
Effect of Zirconia Surface Treatments on the Shear Strength of Zirconia/Veneering Ceramic Composites (46)	J. Fischer, P. Grohmann, B. Stawarczyk	Tratamiento que se le realiza a la estructura para ser cementada con resina

ANEXO B. Artículos incluidos

Título	Autor	Nivel de evidencia	Grado de recomendación
Aesthetic Functional Area Protection Concept for Prevention of Ceramic Chipping with Zirconia Frameworks. (23)	C. Broseghini, M. Broseghini, S Gracis, P. Vigolo.	III	B
Clinical risk factors related to failures with zirconia-based restorations: An up to 9-year retrospective study. (26)	V. Koenig, A. Vanheusden, S. Le Goff, A. Mainjot .	III	B
Effect of colouring green stage zirconia on the adhesion of veneering ceramics with different thermal expansion coefficients. (27)	G. Aktas, E. Sahin, P. Vallittu, M. Ozcan, L. Lassila.	III	B
Effect of core design and veneering technique on damage and reliability of Y-TZP-supported crowns. (22)	P. Guess, E. Bonfante, N. Silva, P. Coelho, V. Thompson.	III	B
Effect of differences in coefficient of thermal expansion of veneer and Y-TZP ceramics on interface phase Transformation. (4)	L. Hallmann, P. Ulmer, S. Wille, M. Kern.	III	B
Effect of intermediate ceramics and firing temperature on bond strength between Tetragonal zirconia polycrystal and veneering ceramics. (9)	N. Matsumoto, M. Yoshinari, S. Takemoto, M. Hattori, E.Kawada, Y.Oda.	III	B
Effect of zirconia surface treatments on the shear bond strength of veneering ceramic. (5)	H. Kim, H. Lim, Y. Park, M. Vang.	III	B
Examination of bond strength and mechanical properties of Y-TZP zirconia ceramics with different surface modifications. (13)	H. Yamaguchi, S. Ino, N. Hamano, S. Okada, T. Teranaka.	III	B
Fracture strength and microstructure of Y-TZP zirconia after different surface treatments (11)	J.Song, S. Park, K. Lee, K. Yun, H. Lim.	III	B
Influence of crystal structure on debonding failure of zirconia veneered restorations (14)	M. Abousheliba, H. Wang	III	B
Influence of Pre-treatments on Flexural Strength of Zirconia and Debonding Crack-initiation Strength of Veneered Zirconia. (10)	M. Doi, K. Yoshida M. Atsuta, S. Takahashi	III	B
Influence of surface and heat treatments on the flexural strength of Y-TZP dental ceramic. (1)	M. Guazzato, L. Quach, M. Albakry, M. Swain	III	B
Influence of surface treatment on bond strength of veneering ceramics fused to zirconia (15)	K.Tada T. Sato, M. Yoshinari.	III	B
Influence of surface treatments on the surface properties of different zirconia cores and adhesion of zirconia-veneering ceramic systems (16)	S. Elsaka	III	B
Influence of thermal expansion mismatch and fatigue loading on phase changes in porcelain veneered Y-TZP zirconia discs. (18)	M. De Kler, N. De Jager, M. Meegdes, J. Van Der Zel.	III	B
Influence of zirconia framework thickness on residual stress profile in veneering ceramic: Measurement by hole-drilling (21)	A. Mainjot, G. Schajer, A. Vanheusden, M. Sadoun.	III	B
Mapping the tetragonal to monoclinic phase transformation in zirconia core dental crowns (25)	M. Allahkarami, J. Hanan	III	B
Mechanical Properties of Dental Zirconia Ceramics Changed with Sandblasting and Heat Treatment. (6)	H.Sato, K. Yamada, G. Pezzoti, M. Nawa, S.Ban.	III	B
Microstructure of veneered zirconia after surfacetreatments: A TEM study. (17)	A. Grigore, S. Spallek,A. Petschelt, B. Butz, E. Spiecker, U. Lohbauer.	III	B
Phase transformation and subsurface damage in 3Y-TZP after sandblasting (12)	R. Chintapalli, F. Marro, E. Pique, M. Anglada.	III	B
Reliability and failure modes of implant-supported zirconium-oxide fixed dental prostheses related to veneering techniques. (24)	M. Baldassarri , Yu Zhang , V. Thompson , E. Rekow, C. Stappert.	III	B

Residual stresses in Y-TZP crowns due to changes in the thermal contraction coefficient of veneers (19)	J. Meira, B. Reisa, C. Tanaka, R. Ballester ,P. Cesar, A. Versluis , M..Swain	III	B
The firing procedure influences properties of a zirconia core ceramic. (29)	M. Øilo, N. Gjerdet, H. Tvinnereim.	III	B
The use of slow heating and slow cooling regimens to strengthen porcelain fused to zirconia. (30)	J. Tan, D. Sederstrom, J. Polansky, E. McLaren, S. White.	III	B
Thermo and mechanical cycling and veneering method do not influence Y-TZP core/veneer interface bond strength. (28)	H. Vidotti, J. Pereira , E. Insaurralde ,A. de Almeida , A. do Valle.	III	B
Unstable cracking (chipping) of veneering porcelain on all-ceramic dental crowns and fixed partial dentures(20)	M. Swain .	V	D

ANEXO C. Flujograma de búsqueda

