
CEMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS PARA PRÓTESIS PARCIAL FIJA EN ZIRCONIA

CEMENTATION OF STRUCTURES FOR ZIRCONIA-BASED FIXED PARTIAL DENTURES

DIANA MARGARITA ECHEVERRI PALOMINO,¹ HERNEY GARZÓN RAYO²

RESUMEN. Gracias a la naturaleza de la zirconia, la odontología moderna cuenta con un material alternativo que ofrece estética, biocompatibilidad y alta resistencia a las cargas masticatorias para la elaboración de estructuras cerámicas en las prótesis fijas. Sin embargo su misma naturaleza le confiere una limitación, que es la adhesión, situación que lo limita para ciertas aplicaciones clínicas, y no permite obtener las ventajas de una cementación adhesiva, tales como mejor retención, prevención de microfiltración, e incremento de la resistencia a la fractura y fatiga de la restauración. Este artículo pretende revisar aspectos relacionados a los protocolos de cementación empleados hasta el momento para estructuras de prótesis fija en zirconia sobre dientes naturales, su resultado en el tiempo y las posibilidades de tratamiento de superficie para la zirconia que se encuentran en investigación. Aún no existe literatura concluyente que soporte la superioridad de la cementación adhesiva de la zirconia sobre la cementación convencional, a su vez, no existen a la fecha estudios clínicos que soporten la efectividad y durabilidad de los nuevos protocolos propuestos para generar rugosidad y activar químicamente la superficie de zirconia.

Palabras clave: zirconia, cementación, prótesis fija.

Echeverri DM, Garzón H. Cementación de estructuras para prótesis parcial fija en zirconia. Rev Fac Odontol Univ Antioq 2013; 24(2): 321-335.

ABSTRACT. Thanks to the nature of zirconia, modern dentistry is now provided with a material that offers good esthetic results, biocompatibility, and effective resistance to masticatory loads for ceramic structures in fixed dentures. However, such nature also has a limitation: poor adhesive properties, which limits certain clinical applications and inhibits the advantages of adhesive bonding, such as improved retention, prevention of micro-leakage, and increased resistance to fracture and fatigue. This article reviews some of the issues related to the cementation protocols commonly used for structures in zirconia fixed dentures on natural teeth, their results over time, and recent studies on treatment possibilities for zirconia surfaces. No conclusive literature exists so far to support the superiority of the adhesive bonding properties of zirconia over conventional cementation; furthermore, no clinical studies are available to support the effectiveness and durability of the new protocols proposed to produce roughness and to chemically activate zirconia surfaces.

Key words: zirconia, cementation, fixed dentures.

Echeverri DM, Garzón H. Cementation of structures for zirconia-based fixed partial dentures. Rev Fac Odontol Univ Antioq 2013; 24(2): 321-335.

INTRODUCCIÓN

El avance de la tecnología en el campo de los biomateriales de uso odontológico, ofrece posibilidades interesantes para la elaboración de prótesis fijas que reúnan de forma equilibrada los requisitos biomecánicos y estéticos en la cavidad oral.

INTRODUCTION

Technological improvements in the field of dental biomaterials offer interesting possibilities for the development of fixed dentures that meet the biomechanical and esthetic requirements of the oral cavity.

-
- 1 Residente de posgrado, especialista en Rehabilitación Oral, Universidad del Valle, Cali, Colombia.
 - 2 Especialista en Rehabilitación Oral, Universidad Militar Nueva Granada, Fundación CIEO. Profesor de posgrado, especialista en Rehabilitación Oral, Universidad del Valle, Cali, Colombia.

-
- 1 Graduate Intern, Oral Rehabilitation Specialist, Universidad del Valle, Cali, Colombia.
 - 2 Oral Rehabilitation Specialist, Universidad Militar Nueva Granada, Fundación CIEO. Graduate School Professor, Oral Rehabilitation Specialist, Universidad del Valle, Cali, Colombia.

RECIBIDO: MARZO 27/2012-ACEPTADO: ENERO 22/2013

SUBMITTED: MARCH 27/2012-ACCEPTED: JANUARY 22/2013

Una de las posibilidades para la elaboración de restauraciones completamente cerámicas de alta resistencia,¹ es el uso de las cerámicas basadas en zirconia. Este material, que ofrece baja conductividad térmica, bajo potencial de corrosión, buen contraste radiográfico, biocompatibilidad, estética y propiedades mecánicas sobresalientes como alta resistencia flexural y estabilidad química,^{2,3} las cuales son sumadas al desarrollo de la tecnología CAD/CAM, se presenta como una alternativa promisoría para la elaboración de prótesis parcial fija completamente cerámica en el sector posterior.^{4,5}

La zirconia, es un material polimórfico que presenta tres formas dependientes de la temperatura que son: 1) monoclinica; (de temperatura ambiente a 1.170 °C) con un comportamiento mecánico reducido que contribuye a una disminuida cohesión de las partículas cerámicas y por lo tanto de la densidad; 2) tetragonal (1.170-2.370 °C) que permite una cerámica con propiedades mecánicas mejoradas y 3) cúbica (2.370 °C al punto de fusión) con propiedades mecánicas moderadas.^{6,7} Cuando se añaden a la zirconia cantidades de óxidos estabilizadores como el magnesio, cerio, itrio y calcio, se obtiene zirconia parcialmente estabilizada (PSZ) en una forma multifase, es posible mantener la fase tetragonal en una condición metaestable a temperatura ambiente, lo cual permite la aparición de un fenómeno llamado endurecimiento por transformación.² Durante este fenómeno, la zirconia tetragonal cristalina parcialmente estabilizada, en respuesta a estímulos mecánicos, como estrés tensil e inicio de fisuras, se transforma a su fase monoclinica más estable con un incremento local en volumen de aproximadamente 4%. Este incremento en volumen cierra el inicio de la fisura, y bloquea efectivamente la propagación de la misma. Este proceso de transformación es el que confiere a la zirconia su fuerza y resistencia. Comparada con la alúmina, la zirconia tiene dos veces su resistencia flexural debido parcialmente a su tamaño de grano y al mecanismo de transformación mencionado.⁸

De los tres tipos de cerámicas con base en zirconia de uso odontológico a la fecha (cerámicas de alúmina reforzadas con zirconia, zirconia parcialmente estabilizada con magnesio y zirconia policristalina tetragonal con 3% mol contenido de itrio (Y-TZP), el Y-TZP es la forma más utilizada en odontología por su alta resistencia flexural reportada en un rango de 900 a 1.200 MPa.

One possibility for producing highly resistant ceramic restorations¹ is using zirconia-based ceramics. This material provides low thermal conductivity, low corrosion potential, good radiographic contrast, biocompatibility, good esthetic results, and outstanding mechanical properties such as high flexural strength and chemical stability;^{2,3} coupled with the development of CAD/CAM technologies, it is a promising alternative for the development of all-ceramic fixed partial dentures in the posterior area.^{4,5}

Zirconia is a polymorphic material with three temperature-dependent forms: 1) the monoclinic form (from room temperature to 1,170 °C) with a reduced mechanical behavior which produces a reduced cohesion of the ceramic particles and therefore a reduced density, 2) the tetragonal form (1,170-2,370 °C) that provides ceramics with improved mechanical properties, and 3) the cubic form (2,370 °C to the melting point) with moderate mechanical properties.^{6,7} Adding certain quantities of oxide stabilizers such as magnesium, cerium, yttrium, and calcium produces partially stabilized zirconia (PSZ). In a multistage manner, it is possible to maintain the tetragonal phase in a metastable condition at room temperature, favoring the so-called transformation toughening phenomenon.² During this phenomenon and in response to mechanical stimuli, such as tensile stress and crack initiation, partially-stabilized tetragonal-crystal zirconia reaches its stable monoclinic phase with a local increase in volume of approximately 4%. This increase in volume stops crack initiation and effectively blocks its propagation. This transformation process is what gives zirconia its strength and durability. Compared to alumina, zirconia has twice its flexural strength, partly due to its size and to the aforementioned transformation mechanism.⁸

Out of the three types of zirconia-based ceramics for dental use to date: alumina ceramics strengthened with zirconia, partially stabilized zirconia and magnesium, and polycrystalline tetragonal zirconia with 3 mol% of yttrium (Y-TZP), the latter is the most commonly used in dentistry due to its high flexural strength, reported in the range of 900-1200 MPa.

Mientras las cerámicas tradicionales se componen principalmente de una matriz vítrea y una fase cristalina de relleno, los materiales cerámicos de alta resistencia como la alúmina y la zirconia, son primariamente cristalinos, son químicamente más estables y no son fácilmente hidrolizadas, por lo tanto no son vulnerables al protocolo de grabado con ácido fluorhídrico y silanización para generar rugosidad y activación química de la superficie, como se hace normalmente en la cerámicas a base de sílice.⁹ Por esto las restauraciones con estructuras en zirconia son cementadas generalmente de forma convencional; sin embargo, existen numerosas investigaciones que han concentrado sus esfuerzos en encontrar mecanismos que sin afectar su estructura y propiedades, hagan de la zirconia una superficie más activa y propicia para una cementación adhesiva y de esta forma obtener los beneficios de la mejor retención, mayor resistencia a la microfiltración y mejor resistencia a la fractura y fatiga de la restauración, que se le atribuyen a la cementación adhesiva. Por otro lado, es importante destacar que los seguimientos clínicos reportan la descementación entre las complicaciones más frecuentes de las restauraciones con estructuras en zirconia sobre dientes naturales en un periodo de 3 a 5 años, junto a la delaminación de la cerámica veneer que es la principal complicación y la presencia de caries secundaria.

Por esto el profesional de la odontología actual se ve en la necesidad y tiene la responsabilidad de conocer a fondo este material, identificar sus ventajas, desventajas, indicaciones, contraindicaciones, y protocolos de manejo, entre estos, el proceso de cementación, para mejorar el pronóstico clínico.

El objetivo de esta revisión es brindar información acerca de los tratamientos de superficie de este sustrato cerámico para la cementación, y los cementos empleados hasta el momento para estructuras de prótesis fija en zirconia sobre dientes naturales, un análisis de los resultados clínicos de estos en el tiempo, y las nuevas posibilidades que se encuentran en investigación.

CEMENTACIÓN CONVENCIONAL VERSUS CEMENTACIÓN ADHESIVA

Al analizar la naturaleza química y las propiedades fisicomecánicas de la zirconia, surge el siguiente interrogante, ¿la cementación adhesiva, realmente ofrece mejores resultados de longevidad en las restauraciones de zirconia, con respecto a la cementación convencional?

While traditional ceramics often consist of a vitreous matrix and a crystalline phase for filling, high-strength ceramic materials such as alumina and zirconia are usually crystalline; also, they are chemically more stable and not readily hydrolyzed and therefore are not vulnerable to the hydrofluoric acid etching protocol and to silanization to produce roughness and chemical activation of the surface—as it usually happens in silica-based ceramics—. This is why restorations with zirconia structures are often cemented in a conventional manner; however, several studies have tested some mechanisms to make zirconia a more active surface (without affecting its structure and properties) favoring adhesive cementations and seeking some benefits such as better retention, greater microleakage strength and better fatigue and fracture strength—all of which are attributed to adhesive cementation—. On the other hand, some clinical studies have reported de-cementation as one of the most common complications of restorations with zirconia-based structures on natural teeth over a period of 3-5 years, coupled with veneer porcelain delamination and the presence of secondary caries.

For all these reasons, dentists should familiarize themselves with this material and identify its advantages, disadvantages, indications, contraindications, and protocols (such as cementation processes) in order to improve clinical prognosis.

The purpose of this topic review is to provide information about the possible surface treatments of this ceramic substrate and about the cements commonly used for fixed zirconia prostheses on natural teeth, as well as an analysis of some clinical results over time and new possibilities under study.

CONVENTIONAL CEMENTATION VERSUS ADHESIVE CEMENTATION

The analysis of the chemical nature and the physical-mechanical properties of zirconia rises this question: does adhesive cementation offer better durability in zirconia restorations compared with conventional cementation?

Aunque bien es cierto que esta cerámica de alta resistencia no puede pasar por un proceso de grabado ácido ni ser adherida fácilmente,¹⁰ hay quienes afirman que esta situación no se presenta como una desventaja absoluta, pues contando con una buena preparación dental que genere la adecuada resistencia mecánica y forma de retención, son susceptibles de ser cementadas por métodos convencionales.

Raigrodski¹¹ destacó como una ventaja, la posibilidad de cementar restauraciones completamente cerámicas como las de estructuras en zirconia, por métodos convencionales sin comprometer su longevidad, especialmente en situaciones en las cuales la línea terminal está colocada dentro del surco, ya sea en busca de estética, por la necesidad de obtener una forma de retención y resistencia, por caries extendida o por una restauración preexistente. Explica que esta situación puede expandir el armamentario de la odontología restaurativa y proveer una restauración cerámica predecible.

Se ha reportado que las restauraciones cerámicas cementadas adhesivamente a la dentina en comparación con las cementadas de forma mecánico-retentivas son más resistentes,¹² que la cementación adhesiva mejora la longevidad de las restauraciones cerámicas¹³ y que los cementos resinosos presentan una excelente habilidad para minimizar la filtración de las coronas completamente cerámicas;^{14, 15} sin embargo, es de gran importancia tener en cuenta que estos son estudios in vitro en donde se han analizado principalmente restauraciones elaboradas en cerámicas vítreas o de óxido de aluminio. Por su parte Rosentritt,¹⁶ en 2009, analiza la influencia del tipo de cementación en la fuerza de fractura y el comportamiento a la fractura de coronas metal porcelana y coronas completamente cerámicas, incluidas las de estructura en zirconia. Este estudio indica que la fuerza de fractura y el comportamiento a la fractura de todos los tipos de coronas estudiados no depende del material de la cofia ni del tipo de cementación, por esto se puede concluir que la cementación adhesiva, la cual es requerida para otros sistemas cerámicos, no es necesaria para las coronas con cofias de cerámica de alta resistencia como la zirconia, concluyendo que la cementación adhesiva para este tipo de restauraciones se hace innecesaria desde el punto de vista biomecánico.

Although it is true that high-strength ceramics cannot go through the process of acid etching or be easily adhered,¹⁰ some argue that this is not an absolute disadvantage, since a good preparation offering adequate mechanical strength and shape retention may facilitate cementation by conventional methods.

Raigrodski¹¹ noted the valuable possibility of cementing all-ceramic restorations such as those of zirconia structures by conventional methods without affecting their durability, especially in situations in which the finish line is positioned inside the sulcus, either for esthetics reasons, for the need of retention and resistance, because of extended decay, or for preexisting restorations. The author points out that this may expand the armamentarium of restorative dentistry in order to provide predictable ceramic restorations.

Ceramic restorations adhesively cemented to dentin have been reported as being tougher compared with those cemented with mechanical-retentive methods;¹² it has also been argued that adhesive cementation improves the durability of ceramic restorations¹³ and that resin cements show excellent capabilities to minimize filtration of all-ceramic crowns;^{14, 15} however, it is important to bear in mind that these are in vitro studies which have focused on restorations made of vitreous ceramics or aluminum oxide ceramics. In 2009, Rosentritt¹⁶ analyzed the influence of the type of cement in fracture strength and fracture behavior of metal/porcelain crowns and all-ceramic crowns, including those made of zirconia. This study suggests that fracture strength and fracture behavior of all the crown types studied do not depend on the material of the crown or the cementation type, and therefore adhesive cementation—a requirement of other ceramic systems—is not necessary for crowns with crowns made of highly-resistant ceramics such as zirconia. The study concludes then that adhesive cementation for such restorations is unnecessary from the biomechanical point of view.

Ernst en 2005¹⁷ hizo pruebas de fuerza de retención in vitro para cuatro sistemas de cementsos resinosos, un compomero cementante, ionómero de vidrio convencional, un ionómero modificado con resina, y un cemento resinoso autoadhesivo, en un intento por comprobar que la cementación adhesiva generaría un incremento significativo en la fuerza de retención para coronas con cofias en óxido de zirconio, sin embargo en este estudio se concluye que solo unos pocos agentes cementantes resinosos mostraron una mediana de fuerza de resistencia significativamente mayor a los ionómeros de vidrio convencional, e ionómero de vidrio modificado con resina y que es evidente que esta cementación convencional provee una fuerza de resistencia similar a la adhesiva en este sustrato cerámico. Igualmente Palacios en 2006,¹⁸ evaluando la capacidad de retención de coronas a base de óxido de zirconio, con 3 agentes diferentes de cementación (ionómero de vidrio modificado con resina, cemento de resina autoadhesivo y un cemento de resina convencional), sugiere en este estudio in vitro que estos tres tipos de cemento, presentan capacidades similares de obtener una retención exitosa de cofias a base de óxido de zirconio, haciendo un arenado a la superficie de zirconia, con partículas de óxido de aluminio de 50 μ s, seguida por una apropiada limpieza de la corona antes de la cementación.

Edelhoff¹⁹ explicó que las estructuras a base de óxidos cerámicos presentan mayor resistencia flexural en comparación con las estructuras cerámicas vítreas, por esto la influencia del modo de cementación sobre la resistencia de la restauración se ve disminuida. Concluyó que la principal indicación para optar por una cementación adhesiva para restauraciones a base de óxidos cerámicos de alta resistencia, como es el óxido de zirconio, es cuando se pretende evitar la pérdida de retención, especialmente en el caso de pilares cortos.

PROTOCOLOS DE CEMENTACIÓN EN EL TIEMPO

Al intentar definir un protocolo de cementación para restauraciones a base de óxido de zirconio, que garantice efectividad en la retención de la restauración en el tiempo, sin afectar las propiedades de su estructura, es de gran utilidad observar en los estudios de seguimiento clínico, la influencia del tipo de cementación y tratamiento de superficie de la zirconia, sobre el porcentaje de descementación y demás complicaciones biomecánicas de estas restauraciones sobre dientes naturales.

In 2005, Ernst¹⁷ conducted several in vitro strength retention tests in four resin cements systems: a cementing compomer, a conventional glass ionomer, a resin-modified ionomer, and a self-adhesive resin cement, in an attempt to prove that adhesive cementation produces a significant retention force increase in crowns with zirconia copings; however, this study concluded that only a few resin luting agents showed a median resistance force significantly higher than conventional glass ionomers and resin-modified glass ionomers, and that conventional cementing provides a resistance force similar to the adhesive properties of the ceramic substrate under study. Similarly, in 2006 Palacios¹⁸ evaluated the retention capacity of zirconium oxide crowns with three different luting agents (resin-modified glass ionomer, self-adhesive resin cement, and conventional resin cement). This in vitro study suggests that these three types of cement offer similar capabilities for a successful retention of zirconium oxide-based copings, by sandblasting the zirconia surface with alumina particles of 50 μ s, followed by thoroughly cleaning the crown before cementing.

Edelhoff¹⁹ demonstrated that ceramic oxide structures show higher flexural strength compared with vitreous ceramic structures, and therefore the influence of the cementation type on the restoration resistance is not that relevant. This author concluded that the primary indication for choosing an adhesive cementation for highly-resistant ceramic oxide restorations, such as zirconium oxide, is when attempting to avoid retention loss, especially in the case of short abutments.

CEMENTATION PROTOCOLS OVER TIME

In attempting to define a protocol for zirconium oxide-based restorations with effectiveness for retaining restorations over time, without affecting the properties of their structure, it is useful to observe those clinical follow-up studies that describe the influence of cementing types and the surface treatment of zirconia on de-cementation rates and other biomechanical complications of these restorations on natural teeth.

A continuación se presenta una tabla que resume los datos de varios estudios de seguimiento,^{11, 20-34} con respecto al material cementante utilizado, tratamiento de superficie para la zirconia, y el porcentaje de fallas reportado por descementación (tabla 1).

Below is a table summarizing data from several follow-up studies^{11, 20-34} focusing on the type of cementing material used, zirconia surface treatments, and the reported failure rates for de-cementation (table 1).

Tabla 1. Estudios de seguimiento

Autor/año	Tipo de restauración	Material	Tamaño de la muestra	Periodo de observación	Material de cementación	Acondicionamiento de la zirconia previo a la adhesión	% de descementación	Tasa de supervivencia
Vult von Steyern/2005 ²⁰ (2)	Ppf	DC-Zirkon	20	2 años	Cemento de fosfato de Zn	No especifica	Cero. No reportan fallas por descementación	100%
Raigrodski/2006 ¹¹ (3)	Ppf	Lava 3M ESPE	20	2 años	Cemento de ionómero modificado con resina (Relyx Luting 3M ESPE)	No especifica	No reporta fallas por descementación	100%
Sailer/2006 ²¹ (4)	Ppf	DCM (prototipo Cercon) DeguDent	46	3 años	Variolink (Ivoclar vivadent) 17 ppf, o Panavia TC (Kuraray) 29 ppf	Arenado con óxido de aluminio (100 μ s, presión de 2 bares por 10 s) y limpieza con alcohol	1 ppf*	84,8%
Sailer/2007 ²² (5)	Ppf	Cercon	33	5 años	(14) Variolink, Panavia TC (20)	Arenado con óxido de aluminio (110 μ s, 2,5 bares de presión), posterior limpieza con alcohol	1 ppf*, 3%	73,9%
Molin/2008 ²³ (6)	Ppf	Denzir, Cad. esthetics	19	5 años	Fosfato de zinc (10 ppf) y Panavia (9 ppf)	No especifica	1 ppf, 5%	100%
Edelhoff/2008 ²⁴ (7)	Ppf	DigiZon AmannGirrbach Dental	21	3 años	Fuji plus GC, ionómero reforzado con resina	Arenado con óxido de aluminio de 110 μ s a 2 bares de presión limpieza con etanol al 70%	3%	
Tinschert/2008 ²⁵ (8)	Ppf	DC-Zirkon	58	3 años	Fosfato de zinc en posteriores. Panavia 21 en anteriores	No especifica	3,4%** 2 ppf	
Schmitt/2009 ²⁶ (9)	Ppf	Lava 3M ESPE	27	3 años	Ketac Cem 3M ESPE	No especifica	0. no se presentan fallas por descementación	100%
Beuer/2009 ²⁷ (10)	Ppf	Cercon (DeguDent)	21	3 años	Ketac Cem 3M ESPE	Arenado con óxido de aluminio (50 μ s, 500 HPa de presión), y limpieza con etanol al 80%	1 ppf	90,5%
Wolfart/2009 ²⁸ (11)	Ppf con pilar terminal, y cantiléver	Cercon	58 (24 con pilar terminal-34 cantiléver)	4 años	Cemento de ionómero de vidrio (Ketac Cem)	Arenado con partículas de alúmina de 50 μ s a 0,25 MPa por aprox. 10 s	4% para ppf con pilar terminal (1 prótesis), 6% para cantiléver (1 prótesis)	96% para ppf con pilar terminal. 91% para cantiléver
Sailer/2009 ³¹ (12)	Ppf	Cercon	67	3 años	Panavia 21	Arenado con 110 μ s presión de 2 bares por 10 s y limpiados con alcohol	No reporta fallas por descementación	100%
Roediger/2010 ²⁹ (13)	Ppf	Cercon DeguDent	91	4 años	Fosfato de zinc	No especifica	9 ppf, 12,2%	94%
Beuer/2010 ³⁰ (14)	Coronas y Ppf	IPS E.max ZirCad	50 coronas, 18 ppf	3 años	Ketac Cem 3M ESPE	Limpieza con 80% de etanol	1 ppf	88,2%
Schmitt/2010 ³² (15)	Coronas únicas	Lava 3M ESPE	19	3 años	Ketac Cem 3M ESPE	No especifica	No reporta fallas por descementación	100%
Örtorp/2009 ³³ (16)	Coronas únicas	Nobel Pro-cera	204	3 años	Fosfato de zinc (16 coronas) y cemento de resina autoadhesivo (Relyx Unicem)	No especifica	7%. 12 coronas	92,7%
Cehreli, Kokat/2009 ³⁴ (17)	Coronas únicas	In Ceram zirconia, y cercon zirconia	30	2 años	Cemento de ionómero de vidrio (Relyx 3M ESPE)	No especifica	1 corona***	100%

* Cementada con Variolink. ** Se descementaron 2 prótesis fijadas con fosfato de zinc en el sector posterior. *** Una corona de InCeram zirconia.

Table 1. Follow-up studies

Author/year	Type of restoration	Material	Sample size	Observation period	Cementing material	Initial zirconia preparation before adhesion	% of de-cementation	Survival rate
Vult von Steyern/2005 ²⁰ (2)	Fpp (Fixed partial prosthesis)	DC-Zirkon	20	2 years	Zinc phosphate cement	Unspecified	Zero. Do not report de-cementation failures	100%
Raigrodski/2006 ¹¹ (3)	Fpp	Lava 3M ESPE	20	2 years	Resin-modified ionomer cement (Relyx Luting 3M ESPE)	Unspecified	Do not report de-cementation failures	100%
Sailer/2006 ²¹ (4)	Fpp	DCM (Cercon DeguDent prototype)	46	3 years	Variolink (Ivoclar vivadent) 17 fpp, or Panavia TC (Kuraray) 29 fpp	Aluminum oxide sandblasting (100 μ s, 2 bar pressure for 10 s) and cleansing with alcohol	1 fpp*	84.8%
Sailer/2007 ²² (5)	Fpp	Cercon	33	5 years	(14) Variolink, Panavia TC (20)	Aluminum oxide sandblasting (110 μ s, 2,5 bar pressure) and cleansing with alcohol	1 fpp*, 3%	73.9%
Molin/2008 ²³ (6)	Fpp	Denzir, Cad. esthetics	19	5 years	Zinc phosphate (10 fpp) and Panavia (9 fpp)	Unspecified	1 fpp, 5%	100%
Edelhoff/2008 ²⁴ (7)	Fpp	DigiZon AmannGirrbach Dental	21	3 years	Fuji plus GC resin-modified ionomer	Aluminum oxide sandblasting (110 μ s, 2 bar pressure) and cleansing with 70% ethanol	3%	
Tinschert/2008 ²⁵ (8)	Fpp	DC-Zirkon	58	3 years	Zinc phosphate in posterior teeth Panavia 21 in anterior teeth	Unspecified	3,4%** 2 fpp	
Schmitt/2009 ²⁶ (9)	Fpp	Lava 3M ESPE	27	3 years	Ketac Cem 3M ESPE	Unspecified	0. no de-cementation failures occurred	100%
Beuer/2009 ²⁷ (10)	Fpp	Cercon (DeguDent)	21	3 years	Ketac Cem 3M ESPE	Aluminum oxide sandblasting (50 μ s, 500 HPa bar pressure) and cleansing with 80% ethanol	1 fpp	90.5%
Wolfart/2009 ²⁸ (11)	Fpp with final pillar and cantilever	Cercon	58 (24 with final pillar -34 with cantilever)	4 years	Glass ionomer cement	Sandblasting with aluminum oxide particles of 50 μ s at 0,25 MPa FOR approx. 10 s	4% for fpp with final pillar (1 prosthesis), 6% for cantilever (1 prosthesis)	96% for fpp with final pillar 91% for cantilever
Sailer/2009 ³¹ (12)	Fpp	Cercon	67	3 years	Panavia 21	Sandblasting with 110 μ s, 2 bar pressure for 10 s and cleansing with alcohol	Do not report de-cementation failures	100%
Roediger/2010 ²⁹ (13)	Fpp	Cercon (DeguDent)	91	4 years	Zinc phosphate	Unspecified	9 fpp, 12.2%	94%
Beuer/2010 ³⁰ (14)	Crowns and Fpp	IPS E.max ZirCad	50 crowns, 18 fpp	3 years	Ketac Cem 3M ESPE	Cleansing with 80% ethanol	1 fpp	88.2%
Schmitt/2010 ³² (15)	Single crowns	Lava 3M ESPE	19	3 years	Ketac Cem 3M ESPE	Unspecified	Do not report de-cementation failures	100%
Örtorp/2009 ³³ (16)	Single crowns	Nobel Procera	204	3 years	Zinc phosphate (16 crowns) and self-adhesive resin cement (Relyx Unicem)	Unspecified	7%. 12 crowns	92.7%
Cehreli, Kokat/2009 ³⁴ (17)	Single crowns	In Ceram zirconia and cercon zirconia	30	2 years	Glass ionomer cement (Relyx 3M ESPE)	Unspecified	1 crown***	100%

*Cemented with Variolink. ** 2 prosthesis fixed with zinc phosphate in the posterior area were de-cemented. *** One crown of InCeram zirconia.

Las principales complicaciones de las prótesis fijas en zirconia son: fractura de porcelana veneer, descementación y caries secundaria.²⁸

The most common complications of zirconia-based fixed dentures are porcelain veneer fracture, de-cementation and secondary caries.²⁸

Entre la descripción de los procedimientos clínicos de estos estudios de seguimiento, se define una preparación del pilar con ángulos de convergencia que oscilan entre los 4°²⁶ y los 15°^{20, 25} siendo prevalentes, preparaciones con un ángulo de convergencia entre los 6 y 10°³¹ tal como lo indica el fabricante del material de zirconia. Es importante tener en cuenta este aspecto, y entenderlo como un factor de gran influencia en el grado de retención de la restauración, se ha demostrado que disminuir el grado de convergencia de la preparación a 10° incrementa exponencialmente el grado de retención,³⁵ a pesar del cemento utilizado.

En los estudios tanto in vitro, como clínicos, aparecen los materiales, como agentes cementantes de elección para las restauraciones a base de zirconia.

Cementos utilizados para las restauraciones con estructura de zirconia

Fosfato de zinc

Ionómero de vidrio convencional

Ionómero de vidrio modificado con resina

Compomero

Cemento de resina a base de Bis GMA

Cemento de resina con monómero MDP

Cemento de resina autoadhesivo

Se reportan tasas de descementación de 0,^{11, 20, 26, 31, 32} de 3^{22, 24, 25} y hasta de 12%.²⁹ Los autores comentan que no existe claridad si esta pérdida de retención es por fallas en la preparación o por deficiencias en la cementación. Muchas de las prótesis descementadas fueron nuevamente cementadas, toda vez que la integridad del diente y la restauración lo permitían.

La preparación de la zirconia con arenado antes de la cementación fue hecho solo en seis estudios.^{21, 22, 24, 27, 28, 31} El protocolo de arenado de la superficie interna de la zirconia se hizo con partículas de óxido de aluminio, de 50 o 110 μ s de tamaño de partícula, a 2-2,5 bares de presión, por 10 s aproximadamente y posterior limpieza con etanol. En los otros estudios no se especifica ningún tipo de tratamiento de superficie previo a la cementación.

One of the clinical procedures described in these follow-up studies is abutment preparation with convergence angles ranging between 4°²⁶ and 15 degrees;^{20, 25} the most common preparations are those with a convergence angle between 6 and 10 degrees,³¹ as indicated by zirconia manufacturers. This is a very important aspect that should be considered as a factor of great influence on the restoration's retention degree; it has been shown that reducing the preparation's convergence level to 10 degrees exponentially increases retention level,³⁵ regardless of the type of cement used.

Both in vitro and clinical studies show that these materials are luting agents of choice for zirconia-based restorations.

Types of cement commonly used for zirconia-based restorations

- Zinc phosphate

- Conventional glass ionomer

- Resin-modified glass ionomer

- Compomer

- Bis GMA-based resin cement

- Resin cement with MDP monomer

- Self-adhesive resin cement

The reported de-cementation rates vary from 0,^{11, 20, 26, 31, 32, 22, 324} 5^{25, 23} to even 12%.²⁹ The authors note that it is not clear whether this retention loss is due to preparation errors or to cementing deficiencies. Many de-cemented prosthesis were cemented again if integrity of both tooth and restoration allowed it.

Zirconia preparation with sandblasting before cementation was performed only in six studies.^{21, 22, 24, 27, 28, 31} The protocol of sandblasting the zirconia's inner surface was made with aluminum oxide particles of either 50 or 110 μ s in size, at 2 or 2.5 bar pressure for approximately 10 s and after cleaning with ethanol. Other studies did not specify any type of surface treatment prior to cementation.

Evaluando las tasas de descementación entre los que hacen arenado y los que no lo hacen, no se observa una correlación directa entre arenado y complicaciones de descementación.

Molin, en 2008,²³ reporta que los pilares cementados con fosfato de zinc mostraron una incrementada brecha del margen protésico en 3 años de seguimiento, posiblemente este cemento genere más microfiltración en las restauraciones de zirconia con el paso del tiempo.

Roediger²⁹ mostró alta tasa de descementación de prótesis parciales fijas en zirconia cementadas convencionalmente con fosfato de zinc, y explica que la adaptación interna reducida de las estructuras de zirconia, es un factor que contribuye a esta alta tasa de descementación. Una publicación que compara clínicamente la adaptación interna de las prótesis fijas de metal porcelana y aquellas con estructura en zirconia, revela que las estructuras en zirconia tienen menor adaptación interna en comparación a las de metal porcelana y por lo tanto generan mayor capa de cemento. La adaptación interna cumple un papel importante para la estabilidad a largo plazo de todas las restauraciones completamente cerámicas. Una capa de cemento más gruesa resultante de mayor espacio interno entre la estructura dentaria y la restauración, conduce a una significativa disminución de la carga de fractura flexural de la cerámica. La capa de cemento de mayor grosor proporciona un soporte para la estructura cerámica con un módulo de elasticidad más bajo, posiblemente genera una mayor absorción de agua, degradación hidrolítica del cemento, y alteración de las propiedades mecánicas del mismo.³⁶

Schmitt, en 2009,²⁶ destaca que lo más importante para el éxito de la cementación es la adaptación y la retención de la estructura con el pilar.

Finalmente, Schley en 2010,³⁷ explica que no existe una razón clara para explicar la descementación de las restauraciones con estructura en zirconia en estos estudios de seguimiento clínico, debido a que tanto las prótesis cementadas de forma convencional y las prótesis cementadas con técnica adhesiva, perdieron su retención, además se emplearon ángulos de preparación similares en cada estudio, por lo tanto la retención no fue claramente influida por la forma del pilar y la cementación con cementos adhesivos no se muestra ventajosa en comparación con la cementación convencional.

The evaluation of de-cementation rates between procedures with and without sandblasting does not show a direct correlation between sandblasting and de-cementation complications.

In 2008, Molin²³ reported that abutments cemented with zinc phosphate experienced an increased gap of the prosthetic margin in a 3-year follow-up; this cement might then produce more microfiltration in zirconia restorations over time.

Roediger²⁹ showed high de-cementation rates of zirconia fixed partial dentures conventionally cemented with zinc phosphate, and explained that the reduced internal adaptation of zirconia structures is a factor that contributes to such high rates of de-cementation. One of the studies conducted a clinical comparison between the internal adaptation of porcelain/metal fixed prosthesis and those with a zirconia structure, and found out that the latter exhibit lower internal adaptation in comparison to the former, and therefore they produce thicker cement layers. Internal adaptation plays an important role in the long-term stability of all-ceramic restorations. A thicker layer of cement resulting from an increased internal gap between tooth structure and the restoration results in a significant decrease in flexural fracture load of the ceramic and provides greater support for the ceramic structure with a lower elasticity module; it may also produce higher water absorption levels, hydrolytic degradation of the cement, and alterations of its mechanical properties.³⁶

In 2009, Schmitt²⁶ pointed out that the most important thing for a successful cementation is adaptation and retention of the abutment structure.

Finally, in 2010, Schley³⁷ pointed out the lack of a clear explanation for de-cementation of zirconia-supported restorations in these clinical studies because both conventionally cemented prosthesis and adhesively cemented prosthesis lost their retention properties; in addition, similar preparation angles were used in each study, so retention was not clearly influenced by the shape of the abutment, and cementation with adhesive cements did not prove to be advantageous in comparison with conventional cementation.

CEMENTANTES Y TRATAMIENTOS DE SUPERFICIE EN INVESTIGACIÓN

A pesar de la cuestionada relevancia de aplicar técnicas de cementación adhesiva en estructuras cerámicas de alta resistencia como la zirconia, este sigue siendo tema de investigación en la actualidad.

Bien se sabe que la adhesión de un agente cementante a una superficie cerámica requiere el pretratamiento de este material cerámico. Los tratamientos de superficie que implican grabado ácido y silanización aplicados a las cerámicas a base de sílica en el protocolo de una cementación adhesiva, no son aplicables a las cerámicas a base de óxido de zirconio debido a la ausencia de una matriz vítrea y a su naturaleza relativamente inerte que la convierte en una superficie de baja reactividad.^{17, 38, 39} Por esto se han investigado diferentes métodos para crear rugosidad y activar químicamente la superficie de la zirconia mejorando la adhesión, y que a su vez no se vea afectada la integridad y las propiedades de la estructura. En la tabla 2 que se presenta a continuación se nombran algunos de los procedimientos propuestos que se encuentran en investigación para generar rugosidad de superficie y activar químicamente esta cerámica de alta resistencia (tabla 2).

Tabla 2. *Procedimientos propuestos*

Rugosidad de superficie	Activación química de la superficie
Arenado	Silanización
Activación triboquímica (Rocatec, Cojet)	Acilizado
Perlas de porcelana de baja fusión	Vaporización con tetracloruro de silicio
Spray de plasma (Hexametil-disiloxano)	Organosilanos
	Cementos y silanos con MDP

Los diversos estudios que evalúan los efectos del arenado como tratamiento de superficie previo a la cementación de restauraciones a base de zirconia son contradictorios. Hay quienes sostienen que el arenado con partículas de óxido de aluminio de la zirconia es un procedimiento que conduce a la transformación de la fase tetragonal a la monoclinica, creando una capa de compresión efectiva que incrementa la resistencia flexural del material,⁴⁰ además de que incrementa su energía superficial, el área superficial para la adhesión y la humectabilidad de la misma, mejorando así la resistencia adhesiva a los cementos resinosos.⁴¹

RESEARCH ON LUTING AGENTS AND SURFACE TREATMENTS

Despite the questioned relevance of applying adhesive cementing techniques in highly-resistant ceramic structures such as zirconia, this remains a current research topic.

It is widely accepted that adhering a luting agent to a ceramic surface requires pretreating the ceramic material. Surface treatments involving acid etching and silanization applied to silica-based ceramics in a cementation protocol are not applicable to zirconium oxide-based ceramics because of the absence of a vitreous matrix and its relatively inactive nature which makes it a poorly reactive surface.^{17, 38, 39} Several roughening methods have therefore been tested to chemically activate the zirconia surface and to improve its adhesion properties without affecting the structure's integrity and properties. Table 2 below lists some of the suggested procedures for creating surface roughness and for chemically activating highly resistant ceramics (table 2).

Table 2. *Suggested procedures*

Surface roughness	Chemical activation of surface
Sandblast	Silanization
Tribochemical activation (Rocatec, Cojet)	Acrylization
Low-fusion porcelain pearls	Vaporization with silicon tetrachloride
Plasma spray (Hexamethyl-disiloxane)	Organosilanes
	Cements and silanes with MDP

The various studies evaluating the effects of sandblasting and surface treatment prior to cementation of zirconia-based restorations are contradictory. Some argue that sandblasting with aluminum oxide particles of zirconia is a procedure that leads to the transformation of the tetragonal phase to the monoclinic one, creating an effective compression layer which increases the material's flexural strength,⁴⁰ besides increasing its surface energy, the surface area for adhesion and its wettability, thus improving the adhesive resistance of resin cements.⁴¹

Yang, en 2010,⁴² evaluó la resistencia tensil adhesiva y los porcentajes de modos de falla en muestras de cerámica de zirconia sin arenar, con arenado regular a 0,25 MPa de presión, y a baja presión de arenado de 0,05 MPa, usando un cemento autoadhesivo resinoso; sin uso previo de imprimador adhesivo, con un imprimador con contenido de monómeros acrilatos de ácido fosfórico, y con 2 imprimadores con monómeros fosfato MDP. En este estudio in vitro que simula las condiciones orales a largo plazo, se encuentra que la superficie de zirconia sin arenar, no produjo una unión adhesiva durable del cemento a la zirconia a largo plazo, a pesar del uso de imprimadores, se asume que cuando está pulida la superficie de zirconia, hay uniones químicas con el cemento, pero estas uniones no son resistentes a la hidrólisis y la resistencia adhesiva cae a cero, lo que sugiere que la activación de la superficie y el efecto limpiador del arenado son necesarios para una unión química resistente a la hidrólisis a largo plazo. Esta condición mecánica superficial puede mejorar la unión cerámica-resina por incrementar la rugosidad superficial y el área de adhesión, mejorar la humectabilidad para los adhesivos y remover cualquier contaminante orgánico de la superficie cerámica.

Se concluye también que para usar cementos de resina que contienen monómeros adhesivos fosfato (MDP-10-methcryloyloxydecyl dihydrogenphosphato) se debe arenar la superficie de zirconia a una presión de 0,25 MPa. Si por el contrario se pretende manejar bajas presiones de arenado a 0,05 MPa, debe combinarse con el uso de imprimadores con contenido de MDP.⁴²

Por su parte, Shahin, en 2010,⁴³ evaluó la influencia del tipo de cementante y del arenado sobre la retención de coronas a base de zirconia y encontró que además de que el cemento de resina con contenido de MDP produjo una retención más alta estadísticamente significativa con respecto a los cementos convencionales, demuestra que el arenado con partículas de óxido de aluminio de 50 μ s a 0,25 MPa por 15 s incrementa la retención de la corona a pesar del cemento usado. El incremento de la retención corresponde a un incremento de la micro-rugosidad de la superficie abrasionada de la zirconia, que mejora la traba micromecánica de los agentes cementantes a las superficies cerámicas, lo cual explica el resultado obtenido.

In 2010, Yang⁴² evaluated the adhesive tensile strength and the percentages of failure in zirconia ceramic samples without sandblasting, with average sandblasting (0.25 MPa pressure), and with low-pressure sandblasting (0.05 Mpa). The author used self-adhesive resin cement but no adhesive primer, a primer with phosphoric acid monomer acrylates, and two primers with MDP phosphate monomers. This in vitro study simulating long-term oral conditions showed that the non-sandblasted zirconia surface did not produce long-lasting adhesive bonding of the cement in the long term despite the use of primers; polished zirconia surfaces are supposed to produce chemical bonds with the cement, but such bonds are not resistant to hydrolysis and therefore the adhesive strength drops to zero, suggesting that surface activation and the cleaning effect of sandblasting are necessary for hydrolysis-resistant chemical bonding in the long term. This condition may improve the mechanical ceramic-resin bonding by increasing surface roughness and adhesion area, improving adhesive wettability, and removing organic contaminants of the ceramic surface.

The study also concluded that in order to use resin cements containing phosphate adhesive monomers (MDP-10-methcryloyloxydecyl dihydrogenphosphate) the zirconia surface must be sandblasted at a pressure of 0.25 MPa. On the other hand, low-pressure sandblasting at a pressure of 0.05 Mpa should be combined with the use of primers containing MDP.⁴²

In 2010, Shahin⁴³ evaluated the influence of the type of luting agent and sandblasting on the retention of zirconia-based crowns and found out that not only resin cements containing MDP produced statistically significant higher retention values compared to conventional cements but also sandblasting with aluminum oxide particles of 50 μ s at 0.25 MPa for 15 s increases crown retention regardless of the type of cement used. This increase in retention corresponds to increased micro-roughness of the abraded zirconia surface, which improves the micromechanical action of luting agents on ceramic surfaces—and this explains the obtained results.

Durante el procedimiento de prueba de la restauración previo a la cementación adhesiva se hace esencial evitar la contaminación de la superficie de la zirconia tanto por la saliva como por materiales a base de silicona que son utilizados para el ajuste de la estructura. Se ha encontrado también, que el método más efectivo en la limpieza de esta superficie para la óptima adhesión es arenarla con óxido de aluminio de 50 μ s a 2,5 bares de presión por 15 segundos.⁴⁴

Por otro lado, existen quienes afirman que el arenado puede afectar la superficie cerámica y su longevidad por crear microfracturas que pueden reducir la resistencia a la fractura de la cerámica. Zhang en el 2004,⁴⁵ en un intento por demostrar que las fallas producidas por el arenado en la superficie cerámica pueden disminuir la resistencia de estas, particularmente al estar sujetas a cargas cíclicas de fatiga, hizo un estudio in vitro con muestras de alúmina de grano fino y Y-TZP, donde los resultados indican que el estrés compresivo superficial generado sobre la cerámica por el proceso del arenado no es suficiente para contrarrestar la disminución de resistencia por parte de las microfracturas que genera el mismo proceso y que el comportamiento incluso de los materiales más resistentes, como el Y-TZP, puede verse en riesgo por los efectos nocivos combinados del arenado y las cargas de fatiga, especialmente en áreas delgadas de la restauración. Por lo tanto el arenado sobre las cerámicas en protocolos clínicos y de laboratorio, debe ser minimizado.

Debido a esta dualidad de conceptos, y a la falta de información clínica sobre los efectos del arenado en la zirconia, algunos fabricantes de cerámica de zirconia no recomiendan el arenado previo a la cementación.

Otro mecanismo propuesto para incrementar la reactividad de la superficie de zirconia es la activación de la superficie que consiste en el arenado con partículas de sílice, que quedan incluidas en la zirconia y podría subsecuentemente reaccionar con un imprimador o silano de manera similar a las cerámicas a base de sílice. Sin embargo, se ha encontrado que los valores de resistencia adhesiva de este método sobre la zirconia son menores que para otros tipos de cerámica,⁴⁶ y que definitivamente no garantizan una adhesión efectiva y durable en el tiempo.¹⁷

During the restoration testing phase prior to adhesive cementation, it is critical to avoid contamination of the zirconia surface with saliva or the silicone-based materials used for adjusting the structure. Some other studies demonstrate that the most effective method of cleaning this surface for optimum adhesion is sandblasting it with aluminum oxide of 50 μ s at 2.5 bar pressure for 15 seconds.⁴⁴

On the other hand, some say that sandblasting may affect the ceramic surface and its durability by producing microfractures that may reduce the ceramic's fracture strength. In an attempt to prove that failures caused by sandblasting ceramic surfaces may reduce their resistance, particularly when subjected to cyclic fatigue loads, in 2004 Zhang⁴⁵ carried out an in vitro study with thin alumina grain samples and Y-TZP, finding out that the surface compressive stress produced on the ceramic due to the sandblasting process is not sufficient to counteract the decrease in resistance by the microfractures generated by the same process and that the behavior of even the most resistant materials, such as Y-TZP, may be at risk for the harmful effects of both sandblasting and fatigue loads, especially in thin restoration areas. In conclusion, sandblasting ceramics in clinical and laboratory protocols should be minimal.

Due to this duality of concepts, and to the lack of clinical information on the effects of sandblasting on zirconia, some ceramic zirconia manufacturers do not recommend sandblasting prior to cementation.

Another mechanism that has been suggested for increasing zirconia surface reactivity is surface activation, consisting of sandblasting with silica particles which remain in the zirconia and may subsequently react with a primer or a silane—just as silica-based ceramics do—. However, some studies suggest that this method's adhesive strength values on zirconia are lower than those of other types of ceramics⁴⁶ and do not ensure effective and long-lasting adhesion over time.¹⁷

Aunque a la fecha no existe consenso y literatura de peso sobre un método de acondicionamiento de la superficie de la zirconia que se presente como el mejor para incrementar su resistencia adhesiva, en los últimos estudios acerca de los procedimientos de modificación mecánica y química de la superficie se ha demostrado que el arenado con partículas de óxido de aluminio mayores a $50 \mu\text{s}$ a 0,25 MPa de presión por aproximadamente 10 a 15 s y la aplicación de imprimadores de zirconia y de resinas cementantes con monómeros fosfato (MDP) incrementa la resistencia adhesiva de una forma durable y práctica.^{39, 47-50} El grupo éter fosfato del monómero adhesivo MDP, se une directamente a los óxidos metálicos, lo que sugiere una unión química entre el MDP y los óxidos de alúmina y zirconia.⁴¹

CONCLUSIONES

Aún no existe literatura concluyente que soporte la superioridad de la cementación adhesiva de la zirconia sobre la cementación convencional, a su vez, no existen a la fecha estudios clínicos que soporten la efectividad y durabilidad de los nuevos protocolos propuestos para generar rugosidad y activar químicamente la superficie de zirconia. Sin embargo, los estudios *in vitro* y clínicos de seguimientos suelen respaldar el arenado con partículas de óxido de aluminio, de la superficie de zirconia previo a la cementación, como un procedimiento útil, práctico y seguro, para incrementar la resistencia adhesiva y existe un importante número de estudios que reconocen la habilidad de los imprimadores o cementos de resina con monómeros ácidos fosfato (MDP), para incrementar dicha resistencia, haciéndose útiles en casos donde las condiciones de la preparación sean desfavorables desde el punto de vista mecánico, como una altura pobre del muñón. Se hace importante así, tener en cuenta otros aspectos influyentes en la retención de las restauraciones como la adaptación interna de la restauración, la altura del muñón, y el grado de convergencia de la preparación, al momento de planificar y preparar una pieza dentaria para recibir una restauración a base de zirconia, así como entender que debido a la dificultad de obtener hoy en día una real cementación adhesiva a la zirconia, se limita el uso predecible de este material, a la elaboración de restauraciones que generen una forma de resistencia mecánica como lo son las coronas de recubrimiento completo y las prótesis parciales fijas.

Although currently there is no consensus or reliable literature on a procedure for zirconia surface conditioning—which can be considered as the best method to increase adhesive strength—the most recent studies on procedures for mechanical and chemical modification of the surface have shown that sandblasting with aluminum oxide particles larger than $50 \mu\text{s}$ at a pressure of 0.25 MPa for approximately 10 to 15 s and the application of zirconia primers followed by resin luting agents with phosphate monomer (MDP) increases the adhesive strength in a long-lasting and practical way.^{39, 47-50} The ether phosphate group of MDP adhesive monomers directly binds to metal oxides, which suggests the existence of a chemical bonding between MDP and oxides of alumina and zirconia.⁴¹

CONCLUSIONS

No conclusive literature is currently available to support the superiority of zirconia adhesive cementation over conventional cementation; furthermore, there are no clinical studies that support the effectiveness and durability of the most recent suggested protocols to produce roughness and to chemically activate zirconia surface. However, some *in vitro* and follow-up clinical studies maintain that sandblasting the zirconia surface with aluminum oxide particles prior to cementation is a useful, practical and safe procedure to increase adhesive strength, and there is a significant number of studies that recognize the ability of primers or resin cements with acidic phosphate monomer (MDP) to increase such resistance, and therefore they become useful in cases in which the preparation conditions are unfavorable from a mechanical point of view, such as a poor height of the prosthetic preparation. It is therefore important to take into account some other aspects that affect restoration retention, such as its internal adaptation, the height of the prosthetic preparation, and the degree of convergence of the preparation, when planning and preparing a tooth to receive a zirconia-based restoration. Similarly, it is necessary to understand that, due to the difficulty of obtaining real adhesive cementation to zirconia, the predictable use of this material is limited, as well as the restorations intended to produce a form of mechanical strength such as full coverage crowns and fixed partial dentures.

CORRESPONDENCIA

Diana Margarita Echeverri Palomino
 Universidad del Valle
 Facultad de Odontología
 Cali, Colombia
 Correo electrónico: decheverri22@hotmail.com

CORRESPONDING AUTHOR

Diana Margarita Echeverri Palomino
 Universidad del Valle
 School of Dentistry
 Cali, Colombia
 Email address: decheverri22@hotmail.com

REFERENCIAS / REFERENCES

- Koutayas SO, Vagkopoulou T, Pelekanos S, Koidis P, Strub JR. Zirconia in dentistry: part 2. Evidence-based clinical breakthrough. *Eur J Esthet Dent* 2009; 4(4): 348-380.
- Ardlin BI. Transformation-toughened zirconia for dental inlays, crowns and bridges: chemical stability and effect of low-temperature aging on flexural strength and surface structure. *Dent Mater* 2002; 18(8): 590-595.
- Chai J, Chu FC, Chow TW, Liang BM. Chemical solubility and flexural strength of zirconia-based ceramics. *Int J Prosthodont* 2007; 20(6): 587-595.
- 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(5): 476-482.
- Att W, Grigoriadou M, Strub JR. ZrO₂ three-unit fixed partial dentures: comparison of failure load before and after exposure to a mastication simulator. *J Oral Rehabil* 2007; 34(4): 282-290.
- Denry I, Kelly JR. State of the art of zirconia for dental applications. *Dent Mater* 2008; 24(3): 299-307.
- Vagkopoulou T, Koutayas SO, Koidis P, Strub JR. Zirconia in dentistry: Part 1. Discovering the nature of an upcoming bioceramic. *Eur J Esthet Dent* 2009; 4(2): 130-151.
- Al-Amleh B, Lyons K, Swain M. Clinical trials in zirconia: a systematic review. *J Oral Rehabil* 2010; 37(8): 641-652.
- Bachhav VC, Aras MA. Zirconia-based fixed partial dentures: a clinical review. *Quintessence Int* 2011; 42(2): 173-182.
- Donovan TE. Factors essential for successful all-ceramic restorations. *J Am Dent Assoc* 2008 ; 139 (Suppl): 14S-8S.
- Raigrodski AJ, Chiche GJ, Potiket N, Hochstedler JL, Mohamed SE, Billiot S et al. The efficacy of posterior three-unit zirconium-oxide-based ceramic fixed partial dental prostheses: a prospective clinical pilot study. *J Prosthet Dent* 2006; 96(4): 237-244.
- Leevailoj C, Platt JA, Cochran MA, Moore BK. In vitro study of fracture incidence and compressive fracture load of all-ceramic crowns cemented with resin-modified glass ionomer and other luting agents. *J Prosthet Dent* 1998; 80(6): 699-707.
- Blatz MB. Long-term clinical success of all-ceramic posterior restorations. *Quintessence Int* 2002; 33(6): 415-426.
- Gu XH, Kern M. Marginal discrepancies and leakage of all-ceramic crowns: influence of luting agents and aging conditions. *Int J Prosthodont* 2003; 16(2): 109-116.
- Behr M, Rosentritt M, Regnet T, Lang R, Handel G. Marginal adaptation in dentin of a self-adhesive universal resin cement compared with well-tried systems. *Dent Mater* 2004; 20(2): 191-197.
- Rosentritt M, Behr M, Thaller C, Rudolph H, Feilzer A. Fracture performance of computer-aided manufactured zirconia and alloy crowns. *Quintessence Int* 2009; 40(8): 655-662.
- Ernst CP, Cohnen U, Stender E, Willershausen B. In vitro retentive strength of zirconium oxide ceramic crowns using different luting agents. *J Prosthet Dent* 2005; 93(6): 551-558.
- Palacios RP, Johnson GH, Phillips KM, Raigrodski AJ. Retention of zirconium oxide ceramic crowns with three types of cement. *J Prosthet Dent* 2006; 96(2): 104-114.
- Edelhoff D, Ozcan M. To what extent does the longevity of fixed dental prostheses depend on the function of the cement? Working Group 4 materials: cementation. *Clin Oral Implants Res* 2007; 18 (Suppl 3): 193-204.
- Vult von Steyern P, Carlson P, Nilner K. All-ceramic fixed partial dentures designed according to the DC-Zirkon technique. A 2-year clinical study. *J Oral Rehabil* 2005; 32(3): 180-187.
- Sailer I, Feher A, Filser F, Luthy H, Gauckler LJ, Scharer P et al. Prospective clinical study of zirconia posterior fixed partial dentures: 3-year follow-up. *Quintessence Int* 2006; 37(9): 685-693.
- Sailer I, Feher A, Filser F, Gauckler LJ, Luthy H, Hammerle CH. Five-year clinical results of zirconia frameworks for posterior fixed partial dentures. *Int J Prosthodont* 2007; 20(4): 383-388.
- Molin MK, Karlsson SL. Five-year clinical prospective evaluation of zirconia-based Denzir 3-unit FPDs. *Int J Prosthodont* 2008; 21(3): 223-7.
- Edelhoff D, Florian B, Florian W, Johnen C. HIP zirconia fixed partial dentures-clinical results after 3 years of clinical service. *Quintessence Int* 2008; 39(6): 459-471.

25. Tinschert J, Schulze KA, Natt G, Latzke P, Heussen N, Spiekermann H. Clinical behavior of zirconia-based fixed partial dentures made of DC-Zirkon: 3-year results. *Int J Prosthodont* 2008; 21(3): 217-222.
26. Schmitt J, Holst S, Wichmann M, Reich S, Gollner M, Hamel J. Zirconia posterior fixed partial dentures: a prospective clinical 3-year follow-up. *Int J Prosthodont* 2009; 22(6): 597-603.
27. Beuer F, Edelhoff D, Gernet W, Sorensen JA. Three-year clinical prospective evaluation of zirconia-based posterior fixed dental prostheses (FDPs). *Clin Oral Investig* 2009; 13(4): 445-451.
28. Wolfart S, Harder S, Eschbach S, Lehmann F, Kern M. Four-year clinical results of fixed dental prostheses with zirconia substructures (Cercon): end abutments vs. cantilever design. *Eur J Oral Sci* 2009; 117(6): 741-749.
29. Roediger M, Gersdorff N, Huels A, Rinke S. Prospective evaluation of zirconia posterior fixed partial dentures: four-year clinical results. *Int J Prosthodont* 2010; 23(2): 141-148.
30. Beuer F, Stimmelmayer M, Gernet W, Edelhoff D, Guh JF, Naumann M. Prospective study of zirconia-based restorations: 3-year clinical results. *Quintessence Int* 2010; 41(8): 631-637.
31. Sailer I, Gottnerb J, Kanelb S, Hammerle CH. Randomized controlled clinical trial of zirconia-ceramic and metal-ceramic posterior fixed dental prostheses: a 3-year follow-up. *Int J Prosthodont* 2009; 22(6): 553-560.
32. Schmitt J, Wichmann M, Holst S, Reich S. Restoring severely compromised anterior teeth with zirconia crowns and feather-edged margin preparations: a 3-year follow-up of a prospective clinical trial. *Int J Prosthodont* 2010; 23(2): 107-109.
33. Örtorp A, Kihl ML, Carlsson GE. A 3-year retrospective and clinical follow-up study of zirconia single crowns performed in a private practice. *J Dent* 2009; 37(9): 731-736.
34. Cehreli MC, Kokat AM, Akca K. CAD/CAM Zirconia vs. slip-cast glass-infiltrated Alumina/Zirconia all-ceramic crowns: 2-year results of a randomized controlled clinical trial. *J Appl Oral Sci* 2009; 17(1): 49-55.
35. Jorgensen KD. The relationship between retention and convergence angle in cemented veneer crowns. *Acta Odontol Scand* 1955; 13(1): 35-40.
36. Wettstein F, Sailer I, Roos M, Hammerle CH. Clinical study of the internal gaps of zirconia and metal frameworks for fixed partial dentures. *Eur J Oral Sci* 2008; 116(3): 272-279.
37. Schley JS, Heussen N, Reich S, Fischer J, Haselhuhn K, Wolfart S. Survival probability of zirconia-based fixed dental prostheses up to 5 yr: a systematic review of the literature. *Eur J Oral Sci* 2010; 118(5): 443-450.
38. Ozcan M, Vallittu PK. Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. *Dent Mater* 2003; 19(8): 725-731.
39. Wegner SM, Kern M. Long-term resin bond strength to zirconia ceramic. *J Adhes Dent* 2000; 2(2): 139-147.
40. 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(6): 426-433.
41. Wolfart M, Lehmann F, Wolfart S, Kern M. Durability of the resin bond strength to zirconia ceramic after using different surface conditioning methods. *Dent Mater* 2007; 23(1): 45-50.
42. Yang B, Barloi A, Kern M. Influence of air-abrasion on zirconia ceramic bonding using an adhesive composite resin. *Dent Mater* 2010; 26(1): 44-50.
43. Shahin R, Kern M. Effect of air-abrasion on the retention of zirconia ceramic crowns luted with different cements before and after artificial aging. *Dent Mater* 2010; 26(9): 922-928.
44. Quaas AC, Yang B, Kern M. Panavia F 2.0 bonding to contaminated zirconia ceramic after different cleaning procedures. *Dent Mater* 2007; 23(4): 506-512.
45. Zhang Y, Lawn BR, Rekow ED, Thompson VP. Effect of sandblasting on the long-term performance of dental ceramics. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2004; 71(2): 381-386.
46. Piascic JR, Swift EJ, Thompson JY, Grego S, Stoner BR. Surface modification for enhanced silanation of zirconia ceramics. *Dent Mater* 2009; 25(9): 1116-1121.
47. Qeblawi DM, Munoz CA, Brewer JD, Monaco EA, Jr. The effect of zirconia surface treatment on flexural strength and shear bond strength to a resin cement. *J Prosthet Dent* 2010; 103(4): 210-220.
48. Kern M, Wegner SM. Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. *Dent Mater* 1998; 14(1): 64-71.
49. Blatz MB, Chiche G, Holst S, Sadan A. Influence of surface treatment and simulated aging on bond strengths of luting agents to zirconia. *Quintessence Int* 2007; 38(9): 745-753.
50. Mirmohammadi H, Aboushelib MN, Salameh Z, Feilzer AJ, Kleverlaan CJ. Innovations in bonding to zirconia based ceramics: Part III. Phosphate monomer resin cements. *Dent Mater* 2010; 26(8): 786-792.