

Evaluación de la resistencia de unión adhesiva a la zirconia utilizando distintos sistemas adhesivos con 10-MDP

INVESTIGACIÓN

Evaluation of the adhesive bond strength to zirconia using different adhesive systems with 10-MDP

Avaliação da resistência adesiva à zircônia utilizando diferentes sistemas adesivos com 10-MDP

Resumen

Objetivo: analizar la resistencia de unión cizallamiento inmediata y después de un periodo de envejecimiento en restauraciones de zirconia utilizando sistemas adhesivos que contienen la molécula 10-MDP en su composición.

Metodología: 20 especímenes de zirconia sinterizada se dividieron aleatoriamente en 4 grupos según el sistema de acondicionamiento químico a utilizar (Z Prime Plus, Peak ZM, Single Bond Universal, Tetric N-Bond Universal), los cuales se aplicaron siguiendo las indicaciones del fabricante. La superficie de zirconia fue pretratada con un arenado a óxido de aluminio de 50 micrómetros de tamaño, durante 15 segundos a una distancia de 10 mm y una presión de 0.25 MPa. Posteriormente se aplicó el agente de acondicionamiento químico correspondiente y finalmente se confeccionaron 4 botones de agente de fijación resinoso dual. 2 de los 4 botones fueron sometidos al ensayo de microcizallamiento de forma inmediata luego de 24 hrs. Seguidamente los especímenes fueron almacenados en agua destilada a 37°C durante 6 meses y pasado ese periodo se sometió al microcizallamiento los 2 botones restantes. Los resultados obtenidos se analizaron mediante ANOVA de 2 vías y un test posthoc de Tukey.

Resultados: No se encontraron diferencias significativas al analizar el factor del sistema de acondicionamiento química ni al analizar el factor envejecimiento. Al analizar los factores independientemente, no se encontraron diferencias entre ninguno de los materiales a las 24 horas, sin embargo, a los 6 meses el grupo Z Prime Plus presentó una disminución estadísticamente significativa.

Conclusiones: Los resultados de este estudio in vitro sugieren que los adhesivos universales con 10-MDP presentan una resistencia de unión inmediata similar a los acondicionadores de superficie químicos específicos para zirconia. Después de un periodo de envejecimiento, los adhesivos universales parecen tener una mejor estabilidad en la resistencia de unión.

-  Guillermo Grazioli¹
-  Elisa de León¹
-  Andrés García¹
-  Carlos Cuevas-Suárez²
-  Rodrigo Goinheix³
-  Andrés Rodríguez⁴
-  Matías Mederos¹

CORRESPONDENCIA
Guillermo Grazioli:
ggrazioli@gmail.com

Recibido: 14/Dic/2023
Aceptado 27/Nov/2024



Palabras clave:
Microcizallamiento,
Zirconia, Cementado
Adhesivo

1 Unidad Académica de Materiales Dentales, Departamento de Odontología Preventiva y Restauradora, Facultad de Odontología, UdelaR.

2 Laboratorio de Materiales Dentales, Área académica de Odontología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.

3 Laboratorio Central de Prótesis, Departamento de Rehabilitación Oral y Maxilofacial, Facultad de Odontología, UdelaR.

4 Unidad Académica de Rehabilitación, Prosthodontia fija y Trastornos Temporomandibulares, Departamento de Rehabilitación Oral y Maxilofacial, Facultad de Odontología, UdelaR.

Abstract

Objective: to analyze the immediate shear bond strength and after a period of aging to zirconia restorations using adhesive systems available in our market that contain the 10-MDP molecule in their composition.

Methodology: 20 sintered zirconia specimens were randomly divided into 4 groups according to the chemical conditioning system to be used (Z Prime Plus, Peak ZM, Single Bond Universal, Tetric N-Bond Universal), which were applied following the manufacturer's instructions. The Zirconia surface was pretreated with aluminum oxide sandblasting of 50 micrometers in size, for 15 seconds at a distance of 10 mm and a pressure of 0.25 MPa. Subsequently, the corresponding chemical conditioning agent was applied and finally 4 dual resinous cement buttons were made. 2 of the 4 buttons were subjected to the microshear test immediately after 24 hrs. The specimens were then stored in distilled water at 37°C for 6 months and after that period the remaining 2 buttons were subjected to microshearing. The results obtained were analyzed using a 2-way ANOVA and a Tukey posthoc test.

Results: No significant differences were found when analyzing the chemical conditioning system factor or when analyzing the aging factor. When analyzing the factors independently, no differences were found between any of the materials at 24 hours; however, at 6 months the Z Prime Plus group presented a statistically significant decrease.

Conclusions: The results of this in vitro study suggest that universal adhesives with 10-MDP present an immediate bond strength similar to specific chemical surface conditioners for zirconia. After a period of aging, universal adhesives appear to have better stability in bond strength.

Keywords: Microshear, Zirconia, Adhesive Cementation

Introducción

El desarrollo de los biomateriales cerámicos como la zirconia de uso odontológico se encuentra actualmente en auge. El mecanismo por el cual, se utilizan restauraciones de zirconia es a partir de sistemas digitales utilizando el diseño asistido por ordenador/manufactura asistida por ordenador (CAD/CAM).^(1,2) La zirconia

Resumo

Objetivo: analisar a resistência de união imediata ao cisalhamento e após período de envelhecimento em restaurações de zircônia utilizando sistemas adesivos disponíveis em nosso mercado que contenham a molécula 10-MDP em sua composição.

Metodologia: 20 corpos de prova de zircônia sinterizada foram divididos aleatoriamente em 4 grupos de acordo com o sistema de condicionamento químico a ser utilizado (Z Prime Plus, Peak ZM, Single Bond Universal, Tetric N-Bond Universal), os quais foram aplicados seguindo as instruções do fabricante. A superfície da Zircônia foi pré-tratada com jato de areia de óxido de alumínio de 50 micrômetros de tamanho, por 15 segundos a uma distância de 10 mm e pressão de 0,25 MPa. Posteriormente foi aplicado o agente condicionador químico correspondente e por fim foram confeccionados 4 botões duplos de cimento resinoso. 2 dos 4 botões foram submetidos ao teste de microcisalhamento imediatamente após 24 horas. Os corpos de prova foram então armazenados em água destilada a 37°C por 6 meses e após esse período os 2 botões restantes foram submetidos ao microcisalhamento. Os resultados obtidos foram analisados por meio de ANOVA de 2 fatores e teste posthoc de Tukey.

Resultados: Não foram encontradas diferenças significativas ao analisar o fator sistema de condicionamento químico ou ao analisar o fator envelhecimento. Ao analisar os fatores de forma independente, não foram encontradas diferenças entre nenhum dos materiais às 24 horas, porém às 6 meses o grupo Z Prime Plus apresentou diminuição estatisticamente significativa.

Conclusões: Os resultados deste estudo in vitro sugerem que os adesivos universais com 10-MDP apresentam resistência de união imediata semelhante aos condicionadores químicos de superfície específicos para zircônia. Após um período de envelhecimento, os adesivos universais parecem ter melhor estabilidade na resistência de união.

Palavras-chave: Microcisalhamento, Zircônia, Cimentação Adesiva

tetragonal policristalina estabilizada con itrio (YTZP) se presentó inicialmente como subestructura para restauraciones totalmente cerámicas. Las restauraciones de zirconia en odontología tanto para coronas y puentes dento e implanto asistidas se popularizó debido a su alta resistencia a la fractura al compararlas con cerámicas a

base de sílice. La misma presenta una resistencia flexural de más de 900 MPa, tenacidad a la fractura de 4 hasta 8 MPa√m y un módulo elástico de 210 GPa.⁽³⁻⁵⁾ Además de su superioridad mecánica, la zirconia presenta una excepcional biocompatibilidad^(1,6), junto con una alta estabilidad química^(2,7), y propiedades ópticas favorables.^(6,7)

Sin embargo, cuando las restauraciones de zirconia son realizadas sobre sustratos con pobre retención mecánica, su desempeño clínico depende mayoritariamente del establecimiento de una fuerte adhesión entre el agente cementante y la zirconia.⁽⁸⁻¹⁰⁾ Los tratamientos adhesivos utilizados para otras cerámicas dentales no son efectivos sobre la superficie de la zirconia, debido a que la misma es químicamente inerte y no polar, por lo que no es susceptible a los ataques ácidos ya que no presenta fases vítreas en su composición. A su vez, la falta de sílice en su composición imposibilita la unión química generada por el agente silano.⁽¹¹⁻¹³⁾

Por esto, se han sugerido diferentes medios para la fijación de restauraciones en zirconia, incluyendo cementos de ionómero de vidrio modificados con resina y agentes de fijación resinosos convencionales y autoadhesivos. El uso de agentes de fijación resinosos en zirconia, requiere de un pre-acondicionamiento químico el cual utiliza monómeros con grupos funcionales específicos. El uso de productos que contienen monómeros con esteres fosfatados (10-metacriloxidecil dihidrogeno fosfato (10-MDP) han sido vastamente reportados, y su aplicación luego de pre-tratamiento mecánico de la superficie de zirconia resulta en un aumento en la resistencia adhesiva.⁽⁶⁾ El acondicionamiento con monómeros 10-MDP es considerado un tratamiento químico no destructivo que funcionaliza la superficie inerte del YTZP, permitiendo una adhesión química en la superficie.⁽¹⁴⁻¹⁶⁾

En la búsqueda de simplificar los protocolos adhesivos, los fabricantes han incorporado estos monómeros con grupos funcionales específicos como el 10-MDP y el agente silano en sistemas adhesivos multiuso denominados adhesivos Universales. Estos sistemas adhesivos pretenden ser más rápidos, menos sensibles en su técnica y más simples de usar, logrando uniones adhesivas a diferentes sustratos como metales, cerámicas vítreas, dentina y esmalte sin la necesidad de pre-tratamientos en la superficie.^(16,17) El arenado con partículas de alúmina sobre la superficie de zirconia, en conjunto con la aplicación de monómeros funcionales específicos es hasta el momento, el protocolo establecido en la literatura y recomendado por diversos fabricantes.^(4,18-20)

A pesar de esto, existe controversia en cuanto a la durabilidad de esta unión al ser sometida a envejecimiento artificial.⁽¹⁸⁻²¹⁾ El establecimiento de un protocolo óptimo para la adhesión de restauraciones de zirconia aún no ha sido establecido, por lo que genera un área de gran inte-

rés y desarrollo científico. Estos protocolos mejorarían el desempeño y sobrevivencia de las restauraciones realizadas en la clínica. Por todo lo planteado anteriormente, el objetivo de este trabajo fue analizar la resistencia de unión inmediata y después de un periodo de envejecimiento al cizallamiento a restauraciones de zirconia utilizando sistemas adhesivos que contienen la molécula 10-MDP en su composición. La hipótesis nula a evaluar es que no habrá diferencias en la resistencia de unión al cizallamiento ni en la durabilidad de la misma entre los diferentes agentes de acondicionamiento químico.

Metodología

PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES

Se utilizó un disco parcialmente sinterizado de zirconia (Ceramill Zolid, Amann Girrbach AG; Koblach, Austria) el cual fue cortado utilizando una microcortadora (LECO VC50, LECO; St. Joseph, MI, EEUU) creando especímenes rectangulares (20mm x 20mm x 3mm). Se crearon 5 especímenes por cada grupo, obteniendo un total de 20 especímenes. Una vez fresados, los especímenes fueron sinterizados de acuerdo con las especificaciones del fabricante utilizando un horno de alta temperatura Ceramill Therm 3 (Amann Girrbach AG; Koblach, Austria). La sinterización se realizó a 1450 °C durante 2 horas con una rampa de calentamiento de 8°C/min. Una vez concluido, las muestras se dejaron enfriar de forma lenta hasta alcanzar la temperatura ambiente, siguiendo las indicaciones del fabricante.

Las muestras totalmente sinterizadas fueron incluidas en tubos de PPL utilizando resina acrílica, dejando expuesta una de las caras del cuerpo de prueba. Las superficies expuestas de zirconia fueron pulidas secuencialmente con lijas de carburo de silicio de granulometría 220, 400 y 600 a modo de estandarizar las superficies. Entre cada una de las lijas, las superficies de zirconia fueron lavadas con agua destilada durante 10s. Al finalizar el proceso de pulido, las muestras fueron lavadas en baño ultrasónico con alcohol isopropílico 99% durante 3 minutos.

Una vez limpios, los especímenes fueron sometidos a un proceso de arenado con partículas de óxido de aluminio (Basic Classic, Renfert, Alemania) de 50 micrómetros de tamaño, durante 15 segundos a una distancia de 10 mm y una presión de 0.25 MPa. Luego, los especímenes fueron nuevamente lavados ultrasónicamente durante 3 minutos en alcohol isopropílico 99%.

Posteriormente, los especímenes se dividieron aleatoriamente en 4 grupos (www.randomizer.org) de acuerdo con el agente de acondicionamiento químico aplicado: Grupo SBU - Single Bond Universal (3M ESPE; St. Paul, MN, USA), Grupo TBU - Tetric N Bond Universal (Ivoclar

Vivadent; Schaan, Liechtenstein), Grupo PZM - Peak ZM (Ultradent; South Jordan, UT, USA) y Grupo ZP - Z Prime (Bisco; Schaumburg, IL, EEUU). La composición de los agentes de acondicionamiento químico utilizados en este estudio se encuentra resumida en la Tabla 1. Los diferen-

tes agentes de acondicionamiento químico fueron aplicados en la superficie pulida y arenada de los especímenes de zirconia siguiendo de manera estricta las indicaciones del fabricante.

TABLA 1

Material, fabricante, composición, lote y procedimiento de aplicación de los agentes de acondicionamiento utilizados.

MATERIAL	FABRICANTE	COMPOSICIÓN **	LOTE	PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN
Single Bond Universal (SBU)	3M ESPE (St. Paul, MN, USA)	10-MDP, Bis-GMA HEMA, copolímero funcional de metacrilato, relleno, etanol, agua, iniciadores y silano.	00221A	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aplicar el adhesivo. ■ Dejarlo reaccionar durante 20 segundos. ■ Secar con aire por 5 segundos.
Tetric Bond Universal (TBU)	Ivoclar Vivadent (Schaan, Liechtenstein)	10-MDP, Bis-GMA, HEMA, UDMA, DDMA, relleno, etanol y canforoquinona.	Y43918	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aplicar el adhesivo. ■ Dejarlo reaccionar durante 20 segundos. ■ Secar con aire por 5 segundos. ■ Fotocurado por 10 segundos
Peak ZM (PZM)	Ultradent (South Jordan, UT, USA)	10-MDP, HEMA, alcohol etílico.	BJ4T1	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aplicar el primer por 3 segundos ■ Secar con aire.
Z Prime Plus (ZP)	Bisco (Schaumburg, IL, USA)	10-MDP, Bisfenol A Glicidil Metacrilato, HEMA, etanol.	17005432	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aplicar 1-2 capas, humedeciendo uniformemente la superficie de adhesión. ■ Secar con una jeringa de aire durante 3-5 segundos.
RelyX ARC	3M ESPE (St. Paul, MN, USA)	<p>PASTA A: Sílica tratada con silano, TEGDMA, BisGMA, polímero de dimetacrilato funcionalizado, trifenilantimonio.</p> <p>PASTA B: Sílica tratada con silano, TEGDMA, BisGMA, polímero de dimetacrilato funcionalizado, BTM, BPO.</p>	6724817	<ul style="list-style-type: none"> ■ Dispensar el cemento en un bloque de mezcla y mezclar durante 10 s. ■ Aplicar una capa de cemento sobre la superficie a adherir. ■ Retirar excesos. ■ Fotoacurar durante 40 s.

**Información disponibilizada por el fabricante:

10-MDP: 10-metacrililoiloxidecil dihidrogeno fosfato.

Bis-GMA: bisfenol A glicidil metacrilato.

UDMA: dimetacrilato de uretano.

HEMA: 2-hidroxietil metacrilato.

DDMA: dimetacrilato de decametileno.

TEGDMA: trietilenglicol dimetacrilato.

BPO: peróxido de benzoilo.

BTM: 2-benzotriazolil-4-metilfenol.

Una vez aplicados los agentes de acondicionamiento químico, se colocó una matriz de silicona cilíndrica con 4 orificios de 1,4 mm de diámetro interno sobre la superficie de zirconia. Cada uno de los orificios se llenó con agente de fijación resinoso dual convencional (RelyX ARC, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) manipulándolo conforme a las instrucciones del fabricante y fotopolimerizado durante 20 segundos con una unidad de fotopolimeriza-

ción (Optilight MAX, Gnatus; Ribeirão Preto, Brasil) con una intensidad de 1000mW/cm² previamente testada con un radiómetro (Bluelight Metter, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). Después de la fotopolimerización, la matriz de silicona fue removida para exponer los 4 cilindros de agente de fijación resinoso. La Figura 1 representa gráficamente los pasos en la metodología.

PRUEBA DE RESISTENCIA DE UNIÓN AL MICROCIZALLAMIENTO

Todas las muestras obtenidas fueron almacenadas en agua destilada a 37°C durante 24 h. Inmediatamente luego de las 24 horas, 2 de los 4 cilindros de resina de cada uno de los especímenes fueron sometidos al ensayo de microcizallamiento. Finalizado el ensayo inmediato, los especímenes con los 2 cilindros de resina restantes fueron almacenados en agua destilada a 37 °C durante 6 meses. Pasado el periodo de envejecimiento los 2

cilindros restantes en cada espécimen fueron sometidos al ensayo de microcizallamiento.

Este ensayo se ejecutó utilizando una máquina de ensayos mecánicos universal (CMT 2000; MTS SANS, China) a una velocidad de cruceta de 1.0 mm/min. La resistencia de unión (en MPa) fue calculada dividiendo la carga (en Newtons), con el área de interfaz de la unión (mm²).

La organización de las muestras se realizó de manera aleatoria por grupo; 5 bloques de zirconia con 2 cilindros de resina para ensayo inmediato y 2 cilindros

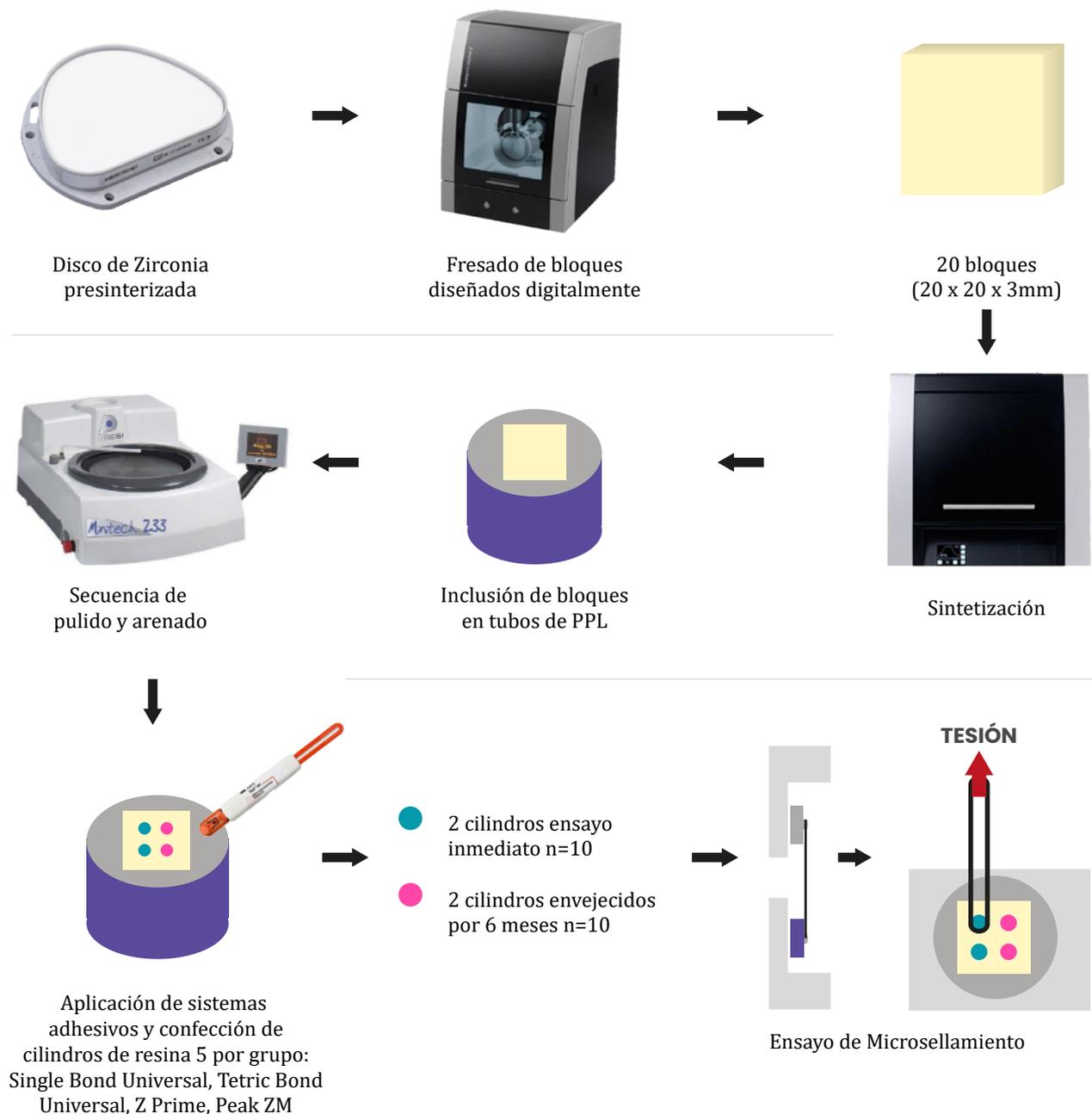


Figura 1 Esquema metodológico.

de resina para ensayo luego del envejecimiento en cada bloque (n=10):

1. Grupo SBU-i: Aplicación de Single Bond Universal. Ensayo de cizallamiento inmediato.
2. Grupo SBU-e: Aplicación de Single Bond Universal. Ensayo de cizallamiento luego de 6 meses de envejecimiento.
3. Grupo TBU-i: Aplicación de Tetric Bond Universal. Ensayo de cizallamiento inmediato.
4. Grupo TBU-e: Aplicación de Tetric Bond Universal. Ensayo de cizallamiento luego de 6 meses de envejecimiento.
5. Grupo PZP-i: Aplicación de Peak ZM. Ensayo de cizallamiento inmediato.
6. Grupo PZP-e: Aplicación de Peak ZM. Ensayo de cizallamiento luego de 6 meses de envejecimiento.
7. Grupo ZP-i: Aplicación de Z Prime. Ensayo de cizallamiento inmediato.
8. Grupo ZP-e: Aplicación de Z Prime. Ensayo de cizallamiento luego de 6 meses de envejecimiento.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron analizados para verificar el cumplimiento de la normalidad y la homogeneidad de la varianza. Una vez comprobados estos supuestos, los datos de resistencia de unión al microcizallamiento fueron analizados estadísticamente mediante un ensayo de ANOVA de dos vías para examinar el efecto de los factores (agente de acondicionamiento químico y envejecimiento) en la variable dependiente. El análisis post-hoc se realizó mediante la prueba de Tukey, para comparar las medias de resistencia de unión entre grupos individuales. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software

Resultados

La **Figura 2** muestra los resultados de resistencia de unión al microcizallamiento de todos los grupos analizados de forma inmediata y luego de 6 meses de envejecimiento.

De acuerdo con el ANOVA de dos vías, la resistencia de unión al microcizallamiento no fue influenciada signi-

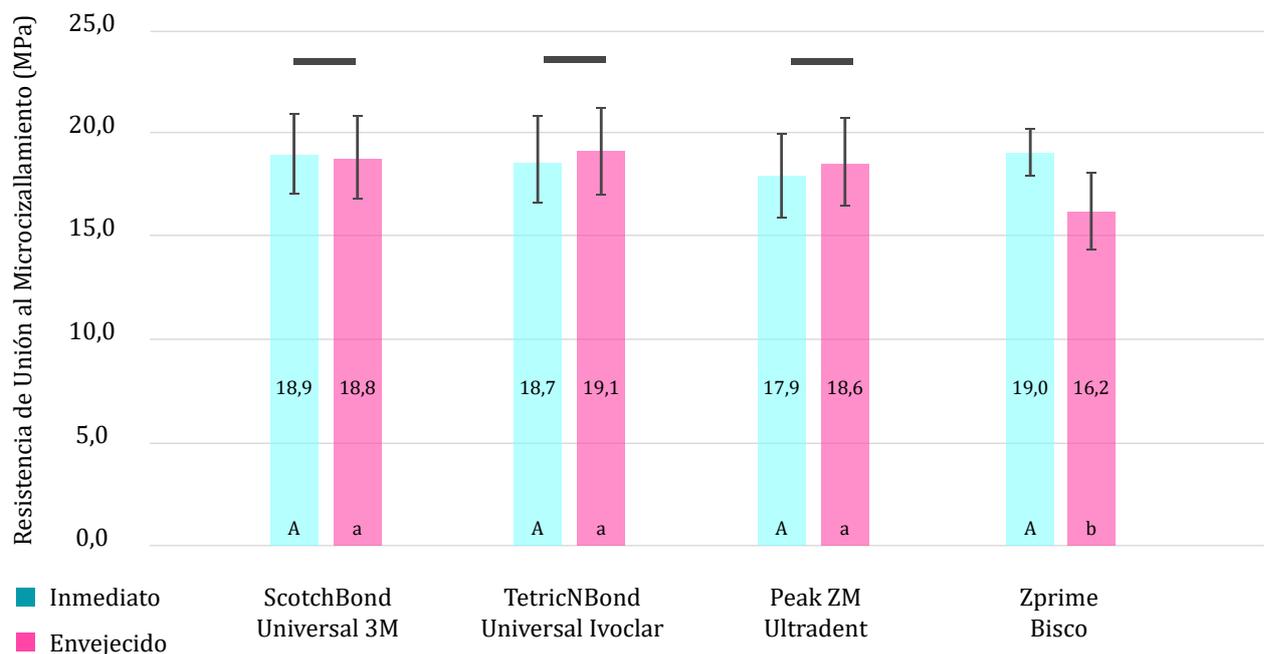


Figura 2 Valores de resistencia de unión al microcizallamiento (MPa). Letras mayúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes agentes de acondicionamiento químico evaluados a las 24 horas. Letras minúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes agentes de acondicionamiento químico evaluados a los 6 meses. Las columnas debajo de la misma línea horizontal indican ausencia de diferencias estadísticamente significativas para cada agente de acondicionamiento químico entre inmediato y envejecido.

ficativamente por el factor acondicionamiento químico ($p = 0,058$) ni por el factor envejecimiento ($p = 0,216$). Por otro lado, la interacción de ambos factores resultó significativa ($p=0,005$).

Al analizar el factor acondicionamiento químico a las 24 horas, se observa que el valor más alto fue para el grupo Z Prime, sin embargo, no hubo diferencias estadísticamente significativas con las demás estrategias adhesivas ($p \geq 0,426$). Por otro lado, al analizar el factor Grupo a los 6 meses de envejecimiento, el grupo Z Prime presentó los valores de adhesión más bajos, siendo estos significativamente menores al resto de los grupos ($p \leq 0,016$). El resto de los grupos no mostró diferencias significativas entre ellos ($p \geq 0,993$).

Al analizar el factor tiempo, en cada una de las estrategias adhesivas utilizadas, se observó la disminución significativa en el grupo Z Prime ($p < 0,001$), mientras que el resto de los grupos no presentó diferencias significativas al comparar los resultados inmediatos con los resultados luego de 6 meses de envejecimiento ($p \geq 0,216$).

Discusión

El presente estudio evaluó la resistencia de unión al microcizallamiento inmediato y envejecido de un agente de fijación resinoso dual convencional a la superficie de óxido de zirconio mediante el uso de diferentes promotores de unión química. Los resultados no evidenciaron una diferencia estadísticamente significativa en la adhesión inmediata y envejecida de los diferentes grupos, a excepción del Z Prime donde se observó una disminución de la fuerza adhesiva entre los valores inmediatos y envejecidos. Por todo esto, la hipótesis nula fue parcialmente aceptada.

Al evaluar los valores de resistencia de unión inmediata los valores oscilaron entre 17.9 MPa hasta 19 MPa no mostrándose una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos ($p \geq 0,426$), estos valores se condicionan con lo observado en la literatura.^(17,22) Por otro lado, los valores de resistencia de unión después del periodo de envejecimiento oscilaron entre 16.2 MPa hasta 19.1 MPa, no observándose diferencias en los grupos SBU, TBU, PZM ($p \geq 0,993$). Estos resultados podrían explicarse debido a que se observa una similitud en la composición de los promotores químicos, los cuales son basados en el monómero fosfatado 10-Methacryloyloxydecyl dihidrógeno fosfato (10-MDP).^(18,23-25) Esta molécula presenta la capacidad de generar enlaces entre los grupos fosforilos divalentes de monómero MDP y grupos hidroxilo en la superficie de zirconia.^(22,26) En la literatura se relatan diferentes protocolos clínicos para el tratamiento de la superficie de la zirconia, no existiendo superioridad

al comparar los diferentes acondicionadores en base a 10-MDP.^(23,27) Sin embargo, varios autores concluyen que el tratamiento mecánico sumado a la imprimación con un adhesivo universal o primer específico para zirconia propicia adecuados valores en estudios in vitro.^(10,18)

Se ha relatado que para proporcionar una unión confiable, la presencia del monómero 10-MDP es fundamental, adquiriendo menor relevancia la concentración del mismo.⁽²⁷⁾ A pesar de esto, los resultados del presente trabajo mostraron una disminución significativa de la adhesión en el grupo en el cual se utilizó un primer específico para zirconia ($p \leq 0,016$). Se ha demostrado que el envejecimiento de los cuerpos de prueba conlleva a una disminución en los valores de adhesión,^(24,28) esto podría deberse a que el enlace podría debilitarse por la hidrólisis del mismo al mantenerse almacenado en agua durante 6 meses.⁽¹⁷⁾

En el presente estudio, se observó una disminución en los valores adhesivos del grupo ZP cuando fue sometido a envejecimiento mediante almacenamiento en agua. Además, autores han relatado un comportamiento inferior de primers específicos para zirconia al compararlo con otros promotores de unión, como lo son los adhesivos universales.^(29,30) Esto podría deberse a la presencia de carga y de monómeros más resistentes a la degradación hidrolítica como es el Bis-GMA.⁽²⁵⁾ Otros factores que podrían explicar esto podrían ser las diferencias en concentraciones y grado de pureza de los monómeros funcionales utilizados en cada producto.⁽²⁹⁾ Por otro lado, ZP contiene Bis-GMA sin un sistema de iniciación, por lo que, al no estar polimerizado, podría acelerar la hidrólisis de la capa adhesiva disminuyendo así los valores de la resistencia de unión.⁽³¹⁾

En la literatura se establece que valores entre 15-25 MPa en estudios de laboratorio son considerados adecuados para el uso clínico,⁽³²⁾ y que valores menores a 13 MPa pueden ser considerados críticos.⁽¹⁹⁾ Por lo tanto, todos los materiales analizados en el presente estudio se encuentran dentro de los estándares mencionados. A pesar de esto, la comparación y extrapolación de datos in vitro en desempeño clínico se dificulta, debido a que otros factores son tenidos en cuenta al momento de analizar estos últimos, como la conformación cavitaria, espesor y terminación de la restauración, entre otros⁽³³⁾ y a los parámetros evaluados a nivel clínico como ser caries secundaria, fractura del material o salud gingival.⁽³⁴⁾ Los autores consideran que las posibles fallas clínicas podrían deberse a la aplicación incorrecta de los protocolos clínicos utilizados por los profesionales. Dentro de esto podríamos mencionar, ignorar la contaminación de la superficie de zirconia con saliva luego de la prueba en boca,^(35,36) la aplicación incorrecta de los promotores

de unión (frotar, evaporar y/o fotopolimerizar),⁽³⁷⁾ o el arenado inadecuado de la superficie interna de la restauración.⁽²⁷⁾

Los resultados observados en el presente estudio deben ser analizados con cautela, debido a la naturaleza in vitro de este estudio, no se puede simular com-

pletamente un escenario clínico. Además, en la literatura se ha mencionado una gran variabilidad en las metodologías in vitro lo que conlleva a una dificultad en la comparación de los datos.⁽²³⁾ Por otro lado, se utilizó un único agente de fijación, y solo se analizaron 4 promotores de unión.

Conclusiones

A pesar de las limitaciones del presente estudio, los resultados sugieren que los adhesivos universales con 10-MDP presentan una resistencia de unión inmediata similar a los acondicionadores de superficie químicos específicos para zirconia. Después de un periodo de envejecimiento, los adhesivos universales parecen tener una mejor estabilidad en la resistencia de unión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Tinschert J, Zvez D, Marx R, Anusavice KJ. Structural reliability of alumina-, feldspar-, leucite-, mica- and zirconia-based ceramics. *J Dent*. 2000 Sep 1;28(7):529–35.
2. Guazzato M, Albakry M, Ringer SP, Swain M V. Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part II. Zirconia-based dental ceramics. *Dent Mater*. 2004 Jun 1;20(5):449–56. DOI: 10.1016/j.dental.2003.05.002
3. Afrasiabi A, Mostajir E, Golbari N. The effect of Z-primer on the shear bond strength of zirconia ceramic to dentin: in vitro. *J Clin Exp Dent*. 2018 Jul;10(7):0–0. DOI: 10.4317/jced.54619
4. Gautam C, Joyner J, Gautam A, Rao J, Vajtai R. Zirconia based dental ceramics: structure, mechanical properties, biocompatibility and applications. *Dalt Trans*. 2016;45(48):19194–215. DOI: 10.1039/C6DT03484E
5. Saridag S, Tak O, Alniacik G. Basic properties and types of zirconia: An overview. *World J Stomatol*. 2013;2(3):40. DOI: 10.5321/wjs.v2.i3.40
6. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials*. 1999 Jan 1;20(1):1–25. DOI: 10.1016/S0142-9612(98)00010-6
7. Manicone PF, Rossi Iommetti P, Raffaelli L. An overview of zirconia ceramics: basic properties and clinical applications. *J Dent [Internet]*. 2007;35(11):819–26. DOI: 10.1016/j.jdent.2007.07.008
8. Thompson JY, Stoner BR, Piascik JR, Smith R. Adhesion/cementation to zirconia and other non-silicate ceramics: Where are we now? *Dent Mater*. 2011;27(1):71–82. DOI: 10.1016/j.dental.2010.10.022
9. de Mello CC, Bitencourt SB, Dos Santos DM, Pesqueira AA, Pellizzer EP, Goiato MC. The effect of surface treatment on shear bond strength between Y-TZP and veneer ceramic: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthodont [Internet]*. 2018;27(7):624–35. DOI: 10.1111/jopr.12727
10. Shafiei F, Fattah Z, Kiomarsi N, Dashti MH. Influence of Primers and Additional Resin Layer on Zirconia Repair Bond Strength. *J Prosthodont*. 2019 Aug 22;28(7):826–32. DOI: 10.1111/jopr.13011
11. DENRY I, KELLY J. State of the art of zirconia for dental applications. *Dent Mater*. 2008 Mar 1;24(3):299–307. DOI: 10.1016/j.dental.2007.05.007
12. Ho GW, Matinlinna JP. Insights on Ceramics as Dental Materials. Part I: Ceramic Material Types in Dentistry. *Silicon*. 2011 Jul 22;3(3):109–15. DOI: 10.1007/s12633-011-9078-7
13. Kern M, Wegner SM. Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. *Dent Mater*. 1998 Jan 1;14(1):64–71. DOI: 10.1016/S0109-5641(98)00011-6
14. Papia E, Larsson C, du Toit M, von Steyern PV. Bonding between oxide ceramics and adhesive cement systems: A systematic review. *J Biomed Mater Res Part B Appl Biomater*. 2014 Feb 9;102(2):395–413. DOI: 10.1002/jbm.b.33013
15. Dias de Souza GM, Thompson VP, Braga RR. Effect of metal primers on microtensile bond strength between zirconia and resin cements. *J Prosthet Dent*. 2011 May;105(5):296–303. DOI: 10.1016/S0022-3913(11)60055-3
16. Chen Y, Lu Z, Qian M, Zhang H, Chen C, Xie H, et al. Chemical affinity of 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate to dental zirconia: Effects of molecular structure and solvents. *Dent Mater*. 2017 Dec;33(12):e415–27.

17. Yang L, Chen B, Xie H, Chen Y, Chen C. Durability of Resin Bonding to Zirconia Using Products Containing 10-Methacryloyloxydecyl Dihydrogen Phosphate. *J Adhes Dent*. 2018;20(4):279–87. DOI: 10.3290/j.jad.a40989
18. Thammajaruk P, Inokoshi M, Chong S, Guazzato M. Bonding of composite cements to zirconia: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2018 Apr;80:258–68. DOI: 10.1016/j.jmbm.2018.02.008
19. Özcan M, Bernasconi M. Adhesion to zirconia used for dental restorations: a systematic review and meta-analysis. *J Adhes Dent*. 2015 Feb;17(1):7–26.
20. Attia A, Kern M. Long-term resin bonding to zirconia ceramic with a new universal primer. *J Prosthet Dent*. 2011 Nov;106(5):319–27. DOI: 10.1016/S0022-3913(11)60137-6
21. Sanohkan S, Kukiattrakoon B, Larpoonphol N, Sae-Yib T, Jampa T, Manoppa S. The effect of various primers on shear bond strength of zirconia ceramic and resin composite. *J Conserv Dent*. 2013;16(6):499–502. DOI: 10.4103/0972-0707.120948
22. Cinel Sahin S, Celik E. The effect of different cleaning agents and resin cement materials on the bond strength of contaminated zirconia. *Microsc Res Tech*. 2022 Mar 6;85(3):840–7. DOI: 10.1002/jemt.23953
23. Scaminaci Russo D, Cinelli F, Sarti C, Giachetti L. Adhesion to Zirconia: A Systematic Review of Current Conditioning Methods and Bonding Materials. *Dent J*. 2019 Aug 1;7(3):74. DOI: 10.3390/dj7030074
24. Müller N, Al-Haj Husain N, Chen L, Özcan M. Adhesion of Different Resin Cements to Zirconia: Effect of Incremental versus Bulk Build Up, Use of Mould and Ageing. *Materials (Basel)*. 2022 Mar 16;15(6):2186. DOI: 10.3390/ma15062186
25. Cuevas-Suárez CE, de Oliveira da Rosa WL, Vitti RP, da Silva AF, Piva E. Bonding Strength of Universal Adhesives to Indirect Substrates: A Meta-Analysis of in Vitro Studies. *J Prosthodont*. 2020 Apr 5;29(4):298–308. DOI: 10.1111/jopr.13147
26. Koizumi H, Nakayama D, Komine F, Blatz MB, Matsumura H. Bonding of resin-based luting cements to zirconia with and without the use of ceramic priming agents. *J Adhes Dent*. 2012;14(4):385–92. DOI: 10.3290/j.jad.a22711
27. Comino-Garayoa R, Peláez J, Tobar C, Rodríguez V, Suárez MJ. Adhesion to Zirconia: A Systematic Review of Surface Pretreatments and Resin Cements. *Materials (Basel)*. 2021 May 22;14(11):2751. DOI: 10.3390/ma14112751
28. Ruales-Carrera E, Cesar PF, Henriques B, Fredel MC, Özcan M, Volpato CAM. Adhesion behavior of conventional and high-translucent zirconia: Effect of surface conditioning methods and aging using an experimental methodology. *J Esthet Restor Dent*. 2019 Jul 17;31(4):388–97. DOI: 10.1111/jerd.12490
29. Inokoshi M, Poitevin A, De Munck J, Minakuchi S, Van Meerbeek B. Bonding effectiveness to different chemically pre-treated dental zirconia. *Clin Oral Investig*. 2014 Sep 27;18(7):1803–12. DOI: 10.1007/s00784-013-1152-7
30. Ranjbar Omidi B, Karimi Yeganeh P, Oveisi S, Farahmandpour N, Nouri F. Comparison of Micro-Shear Bond Strength of Resin Cement to Zirconia With Different Surface Treatments Using Universal Adhesive and Zirconia Primer. *J Lasers Med Sci*. 2018 Jul 28;9(3):200–6. DOI: 10.15171/jlms.2018.36
31. Hass V, Dobrovolski M, Zander-Grande C, Martins GC, Gordillo LAA, Rodrigues Accorinte M de L, et al. Correlation between degree of conversion, resin–dentin bond strength and nanoleakage of simplified etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater*. 2013 Sep;29(9):921–8. DOI: 10.1016/j.dental.2013.05.001
32. Shahdad S, Kennedy J. Bond strength of repaired anterior composite resins: an it>/it> study. *J Dent*. 1998 Nov;26(8):685–94. DOI: 10.1016/S0300-5712(97)00044-4

33. Cagidiaco E, Discepoli N, Goracci C, Carboncini F, Vigolo P, Ferrari M. Randomized Clinical Trial on Single Zirconia Crowns with Feather-Edge vs Chamfer Finish Lines: Four-Year Results. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2019 Nov;39(6):817–26. DOI: 10.11607/prd.4270
34. Leitão CIMB, Fernandes GV de O, Azevedo LPP, Araújo FM, Donato H, Correia ARM. Clinical performance of monolithic CAD/CAM tooth-supported zirconia restorations: systematic review and meta-analysis. *J Prosthodont Res*. 2022;66(3):JPR_D_21_00081. DOI: 10.2186/jpr.JPR_D_21_00081
35. Pitta J, Branco TC, Portugal J. Effect of saliva contamination and artificial aging on different primer/cement systems bonded to zirconia. *J Prosthet Dent*. 2018 May;119(5):833–9. DOI: 10.1016/j.prosdent.2017.07.006
36. da Silva NR, de Araújo GM, Vila-Nova TEL, Bezerra MGPG, Calderon PDS, Özcan M, et al. Which Zirconia Surface-cleaning Strategy Improves Adhesion of Resin Composite Cement after Saliva Contamination? A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Adhes Dent*. 2022;24(1):175–86. DOI: 10.3290/JAD.B2916437
37. Blatz MB, Vonderheide M, Conejo J. The Effect of Resin Bonding on Long-Term Success of High-Strength Ceramics. *J Dent Res*. 2018 Feb 6;97(2):132–9. DOI: 10.1177/0022034517729134

Disponibilidad de datos

Todo el conjunto de datos que apoya los resultados de este estudio fue publicado en el propio artículo.

Declaración de conflicto de interés

Los autores del presente trabajo declaran que no existe ningún potencial conflicto de interés.

Fuente de financiamiento

Esta investigación fue financiada por el fondo concursable en el marco de los 90 años de la Facultad de Odontología, Udelar

Declaración de contribución de autoría y colaboración

NOMBRE Y APELLIDO	COLABORACIÓN ACADÉMICA													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Guillermo Grazioli	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x
Elisa de León					x	x	x			x				x
Andrés García		x			x		x	x		x			x	
Carlos Cuevas-Suárez			x	x		x		x					x	
Rodrigo Goinheix		x			x		x	x		x			x	
Andrés Rodríguez		x			x		x	x		x			x	
Matías Mederos					x	x	x			x				x

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Administración del proyecto | 8. Metodología |
| 2. Adquisición de fondos | 9. Recursos |
| 3. Análisis formal | 10. Redacción - borrador original |
| 4. Conceptualización | 11. Software |
| 5. Curaduría de datos | 12. Supervisión |
| 6. Escritura - revisión y edición | 13. Validación |
| 7. Investigación | 14. Visualización |

Nota de aceptación:

Este artículo fue aprobado por la editora de la revista MSc. Dra. Natalia Tancredi.