

Fecha de recepción:

19 de julio de 2024

Fecha de aceptación:

28 de noviembre de 2024

Fecha de publicación:

31 de enero de 2025

Cómo citar:

Cascante-Calderón MG, Tapia Montalvo MJ, Haro Armas EA, Cascante-Rivera SM, Grandes Reyes CF. Superando las limitaciones del ionómero de vidrio: adhesión entre una zirconia y un cemento sin 10-mdp. Estudio in vitro. *Rev la Fac Odontol la Univ Cuenca*. 2025;3(1): 18-27

Autor de correspondencia:

Marcelo Geovanny
Cascante-Calderón

Correo electrónico:

mcascante@uce.edu.ec

Superando las limitaciones del ionómero de vidrio: adhesión entre una zirconia y un cemento sin 10-MDP. Estudio *in vitro*

Overcoming the limitations of glass ionomer: Adhesion between zirconia and a 10-MDP-free cement. In vitro study

DOI: <https://doi.org/10.18537/fouc.v03.n01.a02>

Marcelo Geovanny Cascante-Calderón¹ <https://orcid.org/0000-0003-3474-6196>
María José Tapia Montalvo¹ <https://orcid.org/0000-0002-4794-7600>
Estefany Anahí Haro Armas¹ <https://orcid.org/0009-0004-2221-7419>
Sofía Marcela Cascante-Rivera² <https://orcid.org/0009-0004-3453-2256>
Carlos Fitzgerald Grandes Reyes³ <https://orcid.org/0000-0002-9367-5781>

1. Universidad Central del Ecuador, Quito-Ecuador
2. Universidad de las Américas. UDLA, Quito-Ecuador
3. University of Michigan, Ann Arbor, United States

Resumen

Introducción: Obtener una adhesión fuerte y duradera entre un cemento resinoso sin 10-MDP y una zirconia es un desafío. **Objetivo:** Comparar la fuerza de adhesión entre la zirconia y un cemento resinoso sin 10-MDP por medio de dos adhesivos: Peak ZM y Single Bond Universal. **Materiales y métodos:** Se utilizaron 30 láminas de zirconia 3Y-TZP que fueron divididas en 3 grupos: Grupo A (control), cementado con ionómero de vidrio; Grupo B, tratado con Single Bond Universal; Grupo C, tratado con Peak ZM. Los grupos B y C utilizaron un cemento resinoso sin 10-MDP. Se elaboraron 60 microtubos de resina y se adhirieron a las láminas de zirconia. La mitad de las muestras de cada grupo se evaluaron inmediatamente y la otra mitad se sometió a 5 000 ciclos térmicos. La fuerza de adhesión se midió mediante un ensayo de cizallamiento. **Estadística:** Un ANOVA de dos factores, seguido de un post hoc de Tukey fue realizado para analizar los datos. Un valor $p \leq 0,05$ fue utilizado en toda la estadística. **Resultados:** Se encontró una diferencia significativa entre los grupos ($p < 0,001$). El grupo C (Peak ZM) presentó la mayor fuerza de adhesión en ambos momentos de evaluación, 13,54 MPa para inmediatos y 8,05 MPa para envejecidos. El Grupo B tuvo promedios de 5,92 MPa para inmediatos y 2,18 MPa para envejecidos. En el Grupo A no hubo adhesión. **Conclusión:** El Peak ZM presenta una mejor adhesión a la zirconia que el Single Bond Universal, en combinación con un cemento sin 10-MDP.



e-ISSN: 2960-8325

ISSN: 1390-0889

Palabras clave: Zirconia 3Y-TZP; adhesión; 10-MDP; Peak ZM; Single Bond Universal; cemento resinoso.

Abstract

Introduction: Achieving strong and durable adhesion between a 10-MDP-free resin cement and zirconia is a challenge. **Objective:** To compare the adhesion strength between zirconia and a 10-MDP-free resin cement using two adhesives: Peak ZM and Single Bond Universal. **Materials and methods:** Thirty 3Y-TZP zirconia sheets were used and divided into three groups: Group A (control), cemented with glass ionomer; Group B, treated with Single Bond Universal; Group C, treated with Peak ZM. Groups B and C used a 10-MDP-free resin cement. Sixty resin microtubes were made and adhered to the zirconia sheets. Half of the samples from each group were evaluated immediately, and the other half underwent 5 000 thermal cycles. Adhesion strength was measured using a shear test. **Statistics:** A two-way ANOVA followed by a Tukey post hoc test was performed to analyze the data. A p-value $\leq 0,05$ was considered statistically significant. **Results:** A significant difference was found between the groups ($p < 0,001$). Group C (Peak ZM) exhibited the highest adhesion strength at both evaluation times, 13,54 MPa for immediate and 8,05 MPa for aged samples. Group B showed averages of 5,92 MPa for immediate and 2,18 MPa for aged samples. Group A showed no adhesion. **Conclusion:** Peak ZM provides better adhesion to zirconia than Single Bond Universal when used with a 10-MDP-free cement.

Keywords: Zirconia 3Y-TZP; adhesion; 10-MDP; Peak ZM; Single Bond Universal; resin cement.

Introducción

Entre los materiales cerámicos utilizados para restauraciones dentales, la zirconia tetragonal estabilizada con tres moles de Ittria (3Y-TZP) se destaca por sus excelentes propiedades mecánicas. En efecto, tiene una resistencia a la flexión que varía entre 800 y 1 300 MPa; una resistencia a la compresión de 2 000 MPa y una tenacidad a la fractura de 3,5 a 4,5 MPa. Por todo ello, con esta cerámica es

posible realizar puentes de tres unidades sin respaldo metálico^{1,2}.

Sin embargo, debido a la ausencia de una fase vítrea, este material no puede ser grabado por medio del ácido fluorhídrico, lo que dificulta la cementación confiable y duradera. Muchos métodos se han desarrollado para mejorar su fuerza de adhesión. Uno de los métodos más utilizados es el arenado con partículas de óxido de aluminio (Al_2O_3). Pero, este método por sí solo no es capaz de producir altas fuerzas de adhesión. Se ha reportado que se necesita complementarlo con otros métodos químicos como el uso de moléculas adhesivas³.

Una de las moléculas que mejores resultados produce en esta cerámica es el 10-MDP (10 metacrilo-yloxydecyldihidrógenofosfato)⁴, gracias a que posee dos extremos, por uno de ellos tiene un metacrilato ($\text{CH}_3\text{-CH}_2=$) que se conecta con extremos similares en cementos resinosos, y por el otro, un radical fosfato (PO_4) que se une a los hidroxilos de la zirconia mediante enlaces iónicos⁵. Varios investigadores han reportado altos valores de adhesión capaces de resistir muy bien las fuerzas de la masticación por medio de este método⁶.

Por estas razones, la mayoría de los fabricantes empezaron a incorporar el 10-MDP a sus adhesivos con el objetivo de hacerlos más efectivos. Sin embargo, cada fabricante ha combinado diferentes elementos además del 10-MDP con la intención de mejorar su eficacia, pero esto podría no ser tan efectivo⁷. Los fabricantes de materiales dentales frecuentemente están ofreciendo nuevos adhesivos que prometen ser mejores que los anteriores, uno de ellos es el Peak ZM de la empresa norteamericana Ultradent. El fabricante lo promociona como un adhesivo a base de 10-MDP y específico para zirconia y metal, por ello sus siglas ZM. La literatura científica sobre la efectividad de este producto es escasa. Por esta razón, se considera necesario llevar a cabo una investigación comparativa *in vitro* entre este nuevo adhesivo y uno de los más utilizados, como es el Single Bond Universal de la también estadounidense 3M. Con el objetivo de tener resultados independientes sobre cual producto es mejor.

Por otra parte, un elemento fundamental para la cementación es el cemento resinoso. Actualmente,

existen cementos a base de 10-MDP y otros cementos sin esta molécula. Los cementos sin 10-MDP son baratos y fáciles de conseguir, pero muchos clínicos consideran que su adhesión no sería de las mejores^{8,9}. Sin embargo, este cemento puede ser muy efectivo cuando previamente se ha colocado un primer a base de 10-MDP. Por todos estos antecedentes se planteó investigar cuál es la fuerza de adhesión de dos diferentes agentes adhesivos a base de 10-MDP y si ellos son capaces de aportar buenas fuerzas adhesivas a un cemento resinoso a

base de Bis GMA, Bis-EMA y TEGDMA. La hipótesis nula fue que la resistencia de adhesión entre la zirconia 3 YTZP y un cemento resinoso sin 10-MDP es igual entre el Single Bond Universal y el Peak-ZM.

Materiales y métodos

Los materiales utilizados en esta investigación se presentan en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1. Materiales utilizados en esta investigación (composición, fabricantes, lote y país de origen)

Material	Fabricante	Lote	País	Composición
Bloques de Zirconia "InCoris ZI"	Dentsply Sirona	3314000213	Alemania	ZrO ₂ +HfO ₂ +Y ₂ O ₃ > 99,0% Al ₂ O ₃ < 0,5% Otros óxidos < 0,5%
Opallis Flow (Resina compuesta fluida)	FGM	130423	Brasil	Trietileno Glicol Dimetacrilato, Bisfenol A Etoxilado Dimetacrilato, Uretano Dimetacrilato, 1,12 – Dodecanodiol Dimetacrilato, Vidro Inerte, Antioxidante, Etil 4-dimetilaminobenzoato, Canforoquinona.
Peak-ZM	ULTRADENT	BP988	Estados Unidos	10-metacriloiloxidecil dihidrógeno fosfato (MDP), Etanol, Metacrilato de 2-hidroxietilo, ácido metacrílico, Diacetato de clorhexidina, 2,6-di-terc-butil-p-cresol.
Single Bond Universal	3M ESPE	2200600324	Estados Unidos	Monómero de fosfato MDP, DMA, HEMA, Copolímero de Vitrebond, relleno, etanol, agua, silano.
AllCem Cemento Dual	FGM	300622	Brasil	Bis-GMA, Bis-EMA y TEGDMA, canforoquinonas y peróxido de dibenzoila, Micropartículas de barioaluminio silicato y nano partículas de dióxido de silicio
GC Fuji 1 Ionómero de vidrio	FUJI	220613B	GC Europe	Polvo base de flúor aminosilicatos Líquido ácido policarboxílico

Estudio experimental *in vitro*, en el cual se utilizaron 3 bloques de zirconia In Coris ZI (Sirona. Denstply Sirona. Alemania), que fueron cortados en láminas de 1 mm de espesor en una máquina de corte Isomet Buehler 1000 (Buehler, Lake Bluff, USA). Con un disco de diamante de 0,3 mm de espesor (Extec-Blade, XL1235. Extec Corp, Enfield, CT, USA) se obtuvieron 30 láminas que fueron pulidas con papel de lija 600 manualmente por un

minuto cada una. Posteriormente fueron lavadas en una cubeta ultrasónica con agua destilada por un ciclo para eliminar los excesos de polvo. Luego fueron llevadas al horno de zirconia Zyrcomat (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany), a una tasa de calentamiento de 33°C por minuto hasta llegar a los 1 310°C y manteniéndose esa temperatura durante 5 minutos. Fue utilizado un tiempo de enfriamiento de 8 horas.

Una vez obtenidas las muestras se formaron tres grupos experimentales:

Grupo Ionómero: grupo control, cementados con ionómero de vidrio.

Grupo Single Bond: se utilizó el adhesivo Single Bond.

Grupo Peak: se empleó el adhesivo Peak-ZM.

Elaboración de microtubos de resina

Para fabricar los microtubos de resina fluida con 3 mm de altura, se utilizó un tubo plástico de un bolígrafo que se cortó con un bisturí n°. 3 y una hoja de bisturí n°. 15. En cada tubo se aplicó resina fluida (Opallis Flow) utilizando la punta dispensadora correspondiente, luego se fotopolimerizó con una lámpara de luz LED (marca Woodpecker i-Led wod-1 000mW/cm² - 1 200mW/cm²) durante 20 segundos. Los microtubos se extrajeron de la matriz de plástico y se almacenaron en frascos herméticos y estériles hasta su cementación. Fueron elaborados 60 microtubos de resina.

Adhesión y cementación de los grupos

Se procedió a arenar todas las láminas de zirconia durante 10 segundos, a una presión de 0,5 bars, de manera vertical y a una distancia de 1 cm. Para garantizar la distancia adecuada, se colocó un alambre de ortodoncia en la boquilla del arenador. Una vez arenadas todas las láminas, fueron lavadas en una cubeta ultrasónica durante un ciclo de 360 segundos. Luego fueron secadas con un secador de pelo para evitar la contaminación de aceite.

Para la cementación se procedió de la siguiente manera:

Grupo Ionómero: se procedió a dispensar el ionómero de vidrio en un papel encerado con una espátula de plástico durante 30 segundos. Se aplicó el mismo sobre un extremo de los microtubos de resina, para cementarlos a la zirconia. Finalmente, se dejó fraguar durante 10 minutos.

Grupo Single Bond: una vez arenado, se procedió a frotar Single Bond Universal activamente durante 20 segundos con un microbush y luego se polimerizó con la fuente de luz LED durante 20 segundos. A continuación, se mezcló el cemento resinoso AllCem (FGM. Joinville. Santa Catarina. Brasil) de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y se colocó una muy pequeña porción en uno de los extremos del microtubo con la ayuda de la punta de una sonda periodontal. Luego, se fijó cuidadosamente en la lámina de zirconia, y se fotopolimerizó durante 20 segundos.

Grupo Peak: se arenó y se frotó el primer Peak ZM (Ultradent. Utah. EE.UU.), activamente, durante 20 segundos con un microbush y luego se polimerizó con la fuente de luz LED durante 20 segundos. Posteriormente, se mezcló el mismo cemento resinoso del grupo B y se lo llevó a uno de los extremos del microtubo de resina y se lo cementó en la lámina de zirconia y se polimerizó por 20 segundos.

En cada cuerpo de prueba se cementaron 2 microtubos, aplicando una fuerza estandarizada en 1 Newton por medio de una máquina de peso. Esto con el fin de simular la fuerza que realizaría un dentista al momento de cementar una pieza restauradora.

Después de completar el proceso de adhesión, se almacenaron todas las muestras en agua a temperatura ambiente de 37°C durante 15 días. Estas fueron divididas de la siguiente manera: en la mitad superior, en donde estaba cementado uno de los microtubos se colocó la letra «I» (inmediatos). Fueron llevados inmediatamente a la prueba de cizallamiento en una máquina universal de ensayos.

En tanto que la mitad inferior sería identificada como «E» (envejecidos). Posteriormente se sometieron a envejecimiento de los adhesivos por medio de 5 000 ciclos térmicos, en una termocicladora. Se utilizó un cambio de temperaturas de entre 5°C y 55°C. Una vez envejecidos, fueron llevados al ensayo de cizallamiento.

Pruebas de resistencia al cizallamiento de los grupos

Se utilizó una máquina de ensayos universales MTS TK/T5002, con el software STEP 7 Microwin 32 V 4.0. Las muestras fueron sometidas a cizallamiento con una velocidad de 0,5 mm/min.

Los valores obtenidos fueron en Newtons, y transformados a MPa utilizando la fórmula:

$$FA = \frac{F}{a}$$

En donde:

FA= Fuerza de adhesión

F= Es la fuerza a la que se despegó el microtubo

Expresada en Newtons.

a= Es el área medida en mm

Para obtener el área de la interfaz adhesiva se utilizó la fórmula:

$$a = \pi \times r^2$$

En donde:

a= área del microtubo

$$\pi = 3,1416$$

r^2 = radio del microtubo elevado al cuadrado

Resultados

Se analizaron los tres grupos, cada uno compuesto por un N=10, cada una de ellas con dos microtubos, para un total de 60 mediciones. Los promedios y las desviaciones estándar de cada grupo pueden observarse en la Tabla 2.

Tabla 2. Promedios de la fuerza de adhesión de los agentes adhesivos

Grupo	Promedio inmediato	Promedio envejecido
Grupo control (ionómero de vidrio)	0	0
Peak-ZM	13,54 ($\pm 0,20$)	8,05 ($\pm 0,57$)
Single Bond Universal	5,92 ($\pm 0,43$)	2,18 ($\pm 0,84$)

Nota. Los valores de fuerza de adhesión están expresados en MPa.

Todas las muestras del grupo Ionómero se despegaron tanto inmediatamente como después de ser sometidas al envejecimiento. Por lo tanto, fueron evaluados con una fuerza de adhesión igual a 0. El grupo Single Bond obtuvo un promedio de 5,92 MPa cuando fue despegado inmediatamente, mientras que después de ser envejecido la fuerza de unión bajó a 2,18 MPa. El grupo cementado con Peak ZM obtuvo la mayor fuerza de unión. El estudio arrojó valores de 13,54 MPa para los evaluados inmediatamente y 8,05 MPa después del envejecimiento.

Estadística

Para la estadística inferencial, se utilizó el programa estadístico Minitab V21 (Minitab Inc., Pennsylvania State University, EE. UU.). Se utilizó para el análisis una confiabilidad del 95 % y un valor de $p \leq 0,05$. Mediante un test de ANOVA de dos vías (agente de unión y envejecimiento) se pudo constatar con un valor $p=0,000$, que existió una diferencia significativa entre los grupos, como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3. Test de ANOVA

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Agente de unión	2	1 216,63	608 313	341,27	0,000
Envejecimiento	1	159,02	159 023	89,21	0,000
Error	56	99,82	1 783		
Total	59	1 475,47			

Nota. Datos obtenidos del programa estadístico Minitab V 21. Se observa que un valor de $p=0,000$ para los factores agente de unión y el factor envejecimiento.

Posteriormente se realizó un análisis de comparaciones múltiples de Tukey, donde se indicó que todos los grupos fueron diferentes (Tabla 3).

Tabla 4. Test de Tukey

Agente de unión	N	Media	Agrupación
Peak-ZM	20	10 854	A
Single Bond	20	3 727	B
Ionómero de vidrio	20	-0,000	C

Nota: Letras diferentes indican grupos diferentes. Datos obtenidos del programa estadístico Minitab V 21.

Discusión

Cementar una zirconia mediante técnicas adhesivas es un desafío, debido a que no posee una fase vítrea, lo que impide el ataque eficaz del ácido fluorhídrico. En segundo lugar, su inercia química hace que sea difícil unir una zirconia a un cemento resinoso¹⁰⁻¹². Para revertir esta situación se sugiere realizar tratamientos mecánicos y químicos de superficie. Entre los más recomendados están el arenado y la utilización de moléculas a base de 10-MDP en los *primers* y agentes adhesivos^{13,14}. Nuestra investigación demostró que el tratamiento químico es más eficaz. Aquellos grupos tratados con 10 metacriloyloxicidihidrogénfosfato tuvieron mejor fuerza de adhesión que aquel tratado con ionómero de vidrio solamente,

independientemente de haber sido arenados, como se muestra en la Tabla 4.

Los resultados de este estudio mostraron que existió diferencia significativa entre los grupos. Por lo tanto, la hipótesis nula debe ser rechazada. La variable independiente, fuerza de adhesión, fue afectada por el agente adhesivo. El grupo Peak ZM obtuvo 10,85 MPa de fuerza de unión, seguido por el grupo Single Bond Universal con los segundos mejores valores, con un promedio de 3,72MPa. El grupo control, que fue cementado con ionómero de vidrio, mostró el peor desempeño, con valores promedio de 0 MPa.

Según su fabricante, el adhesivo Peak ZM, tiene la capacidad de unirse fuertemente al zirconio, alúmina y a aleaciones metálicas. Contiene una combinación de monómeros, incluyendo el 10 metacriloyloxicidihidrogénfosfato (10-MDP), que es capaz de formar enlaces químicos entre los radicales hidroxilos de la zirconia y una de las valencias libres del oxígeno ($\text{PO}-\text{Zr}-\text{O}-$)¹⁵. Este enlace se ha reportado como un factor que aumenta significativamente la adhesión entre el cemento resinoso y la zirconia. Nagaoka et al.¹⁶ explican que el mecanismo de unión entre el 10-MDP y la zirconia ocurre por medio de fuertes enlaces covalentes¹⁶. El radical fosfato de esta molécula que pierde aniones de hidrógeno. Como resultado de ello el grupo PO_4^{3-} , se enlaza con el grupo hidroxilo de la zirconia ($\text{Zr}-\text{OH}$), formando puentes de hidrógeno. Además, el 10 metacriloyloxicidihidrogénfosfato posee en uno de sus extremos un hidroxilo terminal desprotonado (O^-) que va a enlazarse con la Zr^{4+} . Debido al intercambio de cargas positivas y negativas ambos iones se atraen fuertemente¹⁶. Esto explica los altos valores de adhesión obtenidos por el grupo Peak ZM.

En lo que respecta al adhesivo Single Bond Universal obtuvo un menor valor de fuerza adhesiva. A pesar de que también tiene 10-MDP en su composición, aunque posee una mayor viscosidad, debido a que su composición es más compleja. Sus vehículos son el etanol y el agua (Tabla 1). Esto podría explicar la menor fuerza de unión observada en el grupo Single Bond. El agua pudo haber contribuido a que la interfaz adhesiva sea más débil. A pesar de que el etanol debería llevarse las moléculas de agua al momento

de evaporar, nuestros resultados indican que esto no estaría sucediendo de una manera efectiva.

Las instrucciones de uso de este adhesivo especifican que se recomienda utilizar después de un arenado. Aunque, el arenado puede mejorar la fuerza de unión^{17,18}, la absorción de agua por parte del radical fosfato podría ser inevitable, y ello produciría hidrólisis de la interfaz adhesiva. Pero esta pudiera no presentarse en el Peak-ZM, debido a que solo contiene MDP y etanol. En tanto que el Single Bond, que tiene 10-MDP, DMA, HEMA, copolímero de Vitrebond, relleno, etanol, agua y silano (ver Tabla 1). Si bien es cierto que el agua puede actuar muy bien en la dentina, pero en la cerámica más bien puede ser perjudicial.

Por otra parte, los llamados adhesivos universales también contienen silano (ver Tabla 1). Esta molécula se une muy bien a las cerámicas que contienen vidrio^{19,20}. Sin embargo, la zirconia no contiene sílice de forma natural, por ello el silano no se uniría a la zirconia por ningún lado; ello explica los resultados del grupo Single Bond. Este adhesivo funciona muy bien en zirconias que han sido silicatizadas con arena triboquímica²¹. (sistema Rocatec 3M). En esta investigación se usó arena de óxido de aluminio solamente.

Para potenciar la unión a la zirconia los investigadores sugieren activar su superficie inerte, por medio de un arenado. Akyil et al.²² indican que el arenado es el método de tratamiento de superficie más eficaz. Hosseini et al.²³ también afirman que el arenado incrementa eficazmente la rugosidad de la superficie de la cerámica y aumenta la superficie disponible. Además, el arenado es capaz de limpiar la superficie de contaminantes. Todo ello contribuye a mejorar la humectabilidad entre la zirconia y un cemento resinoso.

Según la literatura existente, el arenado combinado con la aplicación de agentes adhesivos que contienen monómeros de fosfato, resultan en una unión más resistente en comparación con otros métodos^{24,25}. Por lo tanto, nosotros utilizamos este método como pretratamiento de superficie. Śmielak y Klimek²⁶ explican que este proceso tiene como objetivo limpiar y preparar la superficie de la zirconia para su adhesión posterior²⁶.

Sin embargo, este método debe ser complementado con un primer o un adhesivo a base de 10-MDP. Los adhesivos universales actuales ya contienen dicha molécula que es capaz de copolimerizar con el cemento de resina, por medio del terminal metacrilato, produciendo una unión fuerte. Por lo tanto, el MDP es una molécula muy eficaz para promover la unión con la zirconia, siempre y cuando sea posterior a un arenado²⁷, como demuestran los resultados de esta investigación.

Toda técnica de cementado tiene que llevar un cemento. En nuestra investigación utilizamos el cemento AllCem. Según su fabricante, no contiene 10-MDP. Se han reportado estudios con resultados contradictorios cuando se han utilizado cementos con y sin esta molécula. Unos indican que un cemento con 10-MDP es mejor, mientras que otros lo descartan. Chen et al.²⁸ afirman que el 10-MDP en el agente adhesivo es suficiente para una buena adhesión entre la zirconia y el cemento de resina, lo que nuestros resultados corroboran (ver Tabla 2). Se sugieren realizar más estudios en este sentido para descartar o confirmar estos hallazgos. Esta investigación in vitro encontró que el uso de un agente de enlace a base de 10-MDP es suficiente para obtener altas fuerzas de adhesión cuando se usa un cemento sin 10-MDP. Sin embargo, estos resultados todavía no son concluyentes.

El ionómero de vidrio es otro cemento que se utiliza desde hace décadas, principalmente para cementar restauraciones de metal fundido y metal-cerámica²⁹. Aunque este material puede unirse químicamente a la superficie dental, por medio de la quelación del calcio, pueden no ser ideales para restauraciones cerámicas cristalinas como el zirconio, ya que esta cerámica no contiene calcio. Otra limitación de este material es su baja resistencia y solubilidad en ambientes húmedos, debido a que se presenta en forma de polvo-líquido. En nuestra investigación, al no usar muestras completamente adaptadas, la infiltración de agua y humedad pudo ser inevitable, lo cual explica los bajos o nulos valores de adhesión obtenidos en el grupo con ionómero. Por último, debido a que el ionómero de vidrio no contiene radicales de metacrilato, es imposible establecer uniones químicas con la zirconia.

En lo que tiene que ver con la metodología empleada, el envejecimiento es muy importante pues este simula las condiciones de la boca. Aunque es muy difícil replicar todas las condiciones in vivo, por lo menos el envejecimiento por termociclado, ayuda a los investigadores a comprender como se comportarían los adhesivos en medio del intercambio del calor al frío. Es una técnica ampliamente utilizada a nivel mundial³⁰, cuyo objetivo es estresar las muestras y observar la respuesta de los adhesivos y cementos en estas condiciones.

Las mejores pruebas in vitro para analizar la adhesión son: cizallamiento, microcizallamiento, macro y microtensión y *push out*. Cada una de ellas tiene ventajas y desventajas, en nuestro caso optamos por el ensayo de cizallamiento debido a su facilidad y bajo costo. Con respecto al tamaño de nuestra muestra, es importante destacar que un tamaño pequeño puede resultar en una baja potencia estadística. A pesar de estas limitaciones, el ensayo fue muy preciso, lo que se evidencia en la baja desviación estándar mostrada en la Tabla 2. Aunque existe la posibilidad de un falso negativo, esto no debería afectar la discusión.

Conclusiones

Con las limitaciones del estudio, se concluye que:

1. El primer de zirconia Peak ZM produjo los mejores valores de adhesión comparados con el Single Bond Universal.
2. El primer Peak ZM en combinación con un cemento resinoso sin 10-MDP mantiene muy buenos valores a adhesión aún después de ser envejecido
3. El ionómero de vidrio no produce fuerzas de adhesión a la zirconia.

Declaración de conflicto de interés

Los y las autores/as declaran no tener ningún conflicto de interés.

Referencias

1. Yazigi C, Alawi S, Wille S, Lehmann F, Kern M. Durability of resin bonding to dental 3Y-TZP zirconia using different adhesive systems. *Materials*. 2024;17(2):424. [Internet]. 15 de enero de 2024 [citado 2 de febrero de 2024];17(2):424. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10820740/>
2. Asharaf S, Karthigeyan AS, Deivanai M, Mani R. Zirconia: properties and application. A review. *Pakistan Oral & Dental Journal*. 2014;34(1).
3. 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;7(3):74. [Internet]. 1 de agosto de 2019 [citado 17 de julio de 2023];7(3):74. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6784479/>
4. Go EJ, Shin Y, Park JW. Evaluation of the microshear bond strength of MDP-containing and non-MDP-containing self-adhesive resin cement on zirconia restoration. *Oper Dent*. 2019;44(4):379-85.
5. De-Paula DM, Loguercio AD, Reis A, Frota NM, Melo R, Yoshihara K, et al. Micro-Raman Vibrational Identification of 10-MDP Bond to Zirconia and Shear Bond Strength Analysis. *BioMed Res Int*. 2017;2017:8756396.
6. Lima RBW, Barreto SC, Alfrisany NM, Porto TS, De Souza GM, De Goes MF. Effect of silane and MDP-based primers on physico-chemical properties of zirconia and its bond strength to resin cement. *Dent Mater*. 2019;35(11):1557-67. [Internet]. enero de 2023 [citado 13 de diciembre de 2023];13(14):8369. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/14/8369>
7. Hajjaj MS, Barboud HM, Almashabi HK, Alzahrani SJ, Abu Haimed TS, Alnoury AS, et al. Evaluation of different priming agents with conventional and bioactive self-adhesive resin cements on shear bond strength to zirconia. *Appl Sci*. 2023;13(14):8369.
8. Sakaguchi RL, Powers JM. Craig's Restorative. *Dent Mater*. 2012:161-98.
9. Freedman GA. Contemporary esthetic dentistry. Elsevier Health Sciences; 2011.
10. Valente F, Mavriqi L, Traini T. Effects of 10-MDP based primer on shear bond strength between

- zirconia and new experimental resin cement. *Materials*. 2020;13(1):235.
11. Čokić SM, Córdor M, Vleugels J, Meerbeek BV, Oosterwyck HV, Inokoshi M, et al. Mechanical properties-translucency-microstructure relationships in commercial monolayer and multi-layer monolithic zirconia ceramics. *Dent Mater*. 2022;38(5):797-810.
12. Ahmed WM, Troczynski T, McCullagh AP, Wyatt CCL, Carvalho RM. The influence of altering sintering protocols on the optical and mechanical properties of zirconia: A review. *J Esthet Restor Dent*. 2019;31(5):423-30.
13. Abdou A, Hussein N, Kusumasari C, Abo-Alazm EA, Rizk A. Alumina and glass-bead blasting effect on bond strength of zirconia using 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (MDP) containing self-adhesive resin cement and primers. *Sci Rep*. 2023;13(1):19127.
14. Ramos RQ, Mercelis B, Ahmed MH, Peumans M, Lopes GC, Van Meerbeek B. Bonding of Composite Cements Containing 10-MDP to Zirconia Ceramics Without Dedicated Ceramic Primer. *J Adhes Dent*. 2024;26(1):135-45.
15. Li R, Wang C, Ma SQ, Liu ZH, Zang CC, Zhang WY, et al. High bonding strength between zirconia and composite resin based on combined surface treatment for dental restorations. *J Appl Biomater Funct Mater*. 2020;18:2280800020928655.
16. Nagaoka N, Yoshihara K, Feitosa VP, Tamada Y, Irie M, Yoshida Y, et al. Chemical interaction mechanism of 10-MDP with zirconia. *Sci Rep*. 2017;7(1):1-7.
17. Noronha MdS, Fronza BM, André CB, de Castro EF, Soto-Montero J, Price RB, et al. Effect of zirconia decontamination protocols on bond strength and surface wettability. *J Esthet Restor Dent*. 2020;32(5):521-9.
18. Yim KY, Beh YH, Goo CL. Effects of Surface Treatment and Thermocycling on the Shear Bond Strength of Zirconia-Reinforced Lithium Silicate Ceramic. *J Adhes Dent*. 2023;25(1):125-32.
19. Simasetha S, Klaisiri A, Sriamporn T, Sappayatosok K, Thamrongananskul N. Surface Treatment Effect on Shear Bond Strength between Lithium Disilicate Glass-Ceramic and Resin Cement. *Eur J Dent*. 2022;16(2):373-80.
20. Calixto ET, Kelmer VF, Komegae GH, Pacheco RR, Pini N, Sundfeld D. Influence of Varied Silane Commercial Brands and Adhesive Application on Bond Strength and Stability to Lithium Disilicate Glass Ceramic. *Oper Dent*. 2024;49(3):325-35.
21. Santos Silva MMD, Boucault CHM, Steagall W, Hanashiro FS, Cardoso CAB, de Souza-Zaroni WC, et al. Influence of Different Surface Treatments on the Bond Strength of Yttria-Stabilized Tetragonal Zirconia Ceramic. *Photobiomodul Photomed Laser Surg*. 2024;42(5):343-9.
22. Akyıl MŞ, Uzun İH, Bayındır F. Bond strength of resin cement to yttrium-stabilized tetragonal zirconia ceramic treated with air abrasion, silica coating, and laser irradiation. *Photomed Laser Surg*. 2010;28(6):801-8. [Internet]. diciembre de 2010 [citado 6 de marzo de 2024];28(6):801-8. Disponible en: <https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/pho.2009.2697>
23. Hosseini MH, Gorjizadeh F, Etemadi A, Baghaeian P. Shear bond strength of metal brackets to zirconia treated with Er: YAG laser sandblasting and silane. *J Iran Dent Assoc*. 2016;28(3):110-7.
24. de Lucena Pereira L, Campos F, Dal Piva A, Gondim LD, de Assunção Souza RO, Oezcan M. Can application of universal primers alone be a substitute for airborne-particle abrasion to improve adhesion of resin cement to zirconia? *J Adhes Dent*. 2015;17:169-74.
25. Alammar A, Blatz MB. The resin bond to high-translucent zirconia—A systematic review. *J Esthet Restor Dent*. 2022;34(1):117-35.
26. Śmielak B, Klimek L. Effect of air abrasion on the number of particles embedded in zirconia. *Materials*. 2018;11(2):259.
27. Abhishek G, Vishwanath SK, Nair A, Prakash N, Chakrabarty A, Malalur AK. Comparative evaluation of bond strength of resin cements with and without 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (MDP) to zirconia and effect of thermocycling on bond strength - An in vitro study. *J Clin Exp Dent*. 2022;14(4):e316-e20.
28. Chen C, Xie H, Song X, Burrow MF, Chen G, Zhang F. Evaluation of a commercial primer for bonding of zirconia to two different resin composite cements. *J Adhes Dent*. 2014;16(2):169-76.

29. Heboyán A, Vardanyan A, Karobari MI, Marya A, Avagyan T, Tebyaniyan H, et al. Dental Luting Cements: An Updated Comprehensive Review. *Molecules*. 2023;28(4).
30. Fabris D, Souza JC, Silva FS, Fredel M, Gasik M, Henriques B. Influence of specimens' geometry and materials on the thermal stresses in dental restorative materials during thermal cycling. *J Dent*. 2018;69:41-8.