

EFFECTO DEL TRATAMIENTO TRIBOQUÍMICO Y EL TIPO DE CEMENTO ADHESIVO SOBRE LA RESISTENCIA ADHESIVA AL ZIRCONIO

Effect of Tribochemical Treatment and Type of Adhesive Cement on Adhesive Resistance to Zirconium

María José Gómez Rodríguez. Odontóloga – Universidad CES. Residente Posgrado Rehabilitación Oral, Facultad de Odontología Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá – Colombia.
mjose.gomezr@javeriana.edu.co

Ornella Elizabeth López Pino. Odontóloga – Pontificia Universidad Javeriana. Residente Posgrado Rehabilitación Oral, Facultad de Odontología Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá -Colombia
ornella.lopez@javeriana.edu.co

Adriana Rodríguez-Ciodaro. Bacterióloga, Magister en Microbiología. Profesora asociada, Facultad de Odontología Pontificia Universidad Javeriana.
arodrig@javeriana.edu.co

Luis Eduardo Luna Ángel. Odontólogo - Magister en Biofísica Universidad Javeriana, Protopodoncista Universidad El Bosque, Profesor Facultad de Odontología, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá -Colombia.
lluna@javeriana.edu.co

RESUMEN

Antecedentes: El zirconio es un metal blanco, conductible y poli-cristalino que se caracteriza por sus excelentes propiedades mecánicas, estabilidad química y dimensional, y ser biocompatible, además de presentar múltiples aplicaciones odontológicas. Debido a que el zirconio no tiene fase vítrea no es posible de degradar con ácidos lo cual ha hecho que el tema de la cementación permanente sea crítico. Se han usado diferentes métodos químicos y mecánicos para mejorar la compatibilidad entre cementos de resina y la superficie del zirconio, sin embargo, no existe un protocolo estándar. (1)(2)

Objetivo: Determinar el efecto del tratamiento triboquímico y el tipo de cemento adhesivo sobre la resistencia adhesiva al zirconio.

Métodos: Se realizó un estudio experimental in vitro, en el cual se analizaron los

valores de resistencia adhesiva en 36 placas de zirconio (Cercon Dentsply Sirona) tratados con el sistema Cojet (3M ESPE), y la técnica convencional de óxido de aluminio y tres tipos de cemento, Panavia F2.0, Relyx U200 y Relyx Ultimate.

El análisis y cuantificación de la resistencia adhesiva se realizó en la máquina universal de pruebas (marca MRC referencia UTM-65) en la Facultad de Odontología, en el Centro de Investigaciones Odontológicas (CIO) de la Pontificia Universidad Javeriana. El análisis estadístico incluyó la prueba de normalidad: Shapiro-Wilk, y las pruebas Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney para establecer asociación entre los tratamientos de superficie y el tipo de cemento adhesivo.

Resultados: Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de superficie Cojet y óxido de aluminio respecto al cemento Panavia F2.0 con un valor $p=0,031$ y al cemento Relyx Ultimate con un valor $p=0,0001$, el tratamiento de superficie triboquímico Cojet y el cemento Relyx U200 presentaron un valor $p=2,60e-05$ estadísticamente significativo y un promedio de 2,88 MPa.

Conclusiones: Los resultados del presente estudio sugieren que, una alternativa para la cementación adhesiva al zirconio es el uso del tratamiento de superficie triboquímico Cojet con posterior aplicación de silano y el cemento Relyx U200, ya que estos, estuvieron asociados a los valores de resistencia adhesiva más altos.

ABSTRACT

Background:

Zirconium is a white, conductive, and polycrystalline metal that is characterized by having good optical and mechanical properties, chemical and dimensional stability, wear resistance and biocompatibility, in addition to presenting multiple dental clinical applications. Since zirconium in its polycrystalline form does not have a glass phase, it cannot be degraded with acids. Different chemical and mechanical methods have been used to improve the compatibility between resin cements and the zirconia surface, however, there is no standard protocol.(1)(2)

Objective: To determine the effect of the tribochemical treatment and the type of adhesive cement on the adhesive resistance to zirconium.

Methods: An experimental in vitro study was carried out, in which the adhesive resistance values were analyzed in 36 zirconium plates (Cercon Dentsply Sirona) treated with the Cojet system (3M ESPE), and the conventional aluminum oxide technique and three types of cement, Panavia F2.0, Relyx U200 and Relyx Ultimate.

The analysis and quantification of the adhesive resistance was carried out in the universal testing machine (MRC brand reference UTM-65) at the Faculty of Dentistry, at the Center for Dental Research (CIO) of the Pontificia Universidad Javeriana. The statistical analysis included the normality test: Shapiro-Wilk, and the Kruskal-Wallis and Mann-Whitney U tests to establish an association between surface treatments and the type of adhesive cement.

Results: Statistically significant differences were found between the Cojet and aluminum oxide surface treatments with respect to Panavia F2.0 cement with a p value = 0.031 and Relyx Ultimate cement with a p value = 0.0001, the Cojet tribochemical surface treatment and Relyx U200 cement presented a statistically significant p value = 2.60e-05 and an average of 2.88 MPa.

Conclusions: The results of the present study suggested that an alternative for adhesive cementation to zirconium is the use of the Cojet tribochemical surface treatment with subsequent application of silane and Relyx U200 cement, since these were associated with the adhesive resistance values.

INTRODUCCIÓN

Las restauraciones libres de metal han ido ganando relevancia a través de los últimos años como material de primera elección en prostodoncia y principal tema de investigación (3). La mayoría de las cerámicas dentales son compuestos de oxígeno con metales ligeros o pseudometales, formadas fundamentalmente por cristales, cerámicas, vitrocerámicas o estructuras altamente cristalinas, resistentes a la corrosión, que no reaccionan con la mayoría de los líquidos o gases y tienen larga estabilidad.(4)

Según su composición se pueden agrupar en tres clases: cerámicas de matriz de vidrio, cerámicas de matriz de resina y cerámicas poli-cristalinas.(5) Las dos

primeras tienen como característica que poseen una fase vítrea que le confiere su alta estética (6) y por su contenido de sílice pueden ser grabadas y posteriormente silanizadas para lograr una adecuada adhesión con el material cementante (1).

Al tercer grupo pertenece el zirconio, un metal blanco, conductible y policristalino que se caracteriza por tener buenas propiedades ópticas (zirconio altamente translucido) (7), mecánicas, estabilidad química y dimensional, resistencia al desgaste y biocompatibilidad, además de presentar múltiples aplicaciones clínicas; una de las características más destacadas es el endurecimiento por transformación que cuando este es sometido a tensión puede resistir la propagación de grietas, pasando de una fase tetragonal a clínica. (8)

Debido a que el zirconio en su forma policristalina no tiene fase vítrea no es posible de degradar con ácidos. Se han usado diferentes métodos químicos y mecánicos para mejorar la compatibilidad entre cementos de resina y la superficie del zirconio, sin embargo, no existe un protocolo estándar (1)(2). Los métodos de cementación utilizados en cerámicas con contenido de fase vítrea no son aplicables para el uso con zirconio debido a la ausencia de sílice en su microestructura, lo cual no permite aplicar un método para aumentar la rugosidad, que es esencial para la unión mecánica, así como tampoco permite el uso del silano para formar grupos hidroxilos en la superficie y desarrollar una unión química (1).

El éxito clínico de las restauraciones de cerámica en cuanto a su resistencia al desalojo está influenciado por el tipo de cemento y la técnica de cementación con respecto al sustrato (9), por lo que se han reportado diferentes mecanismos para realizar tratamientos en la superficie del zirconio y que ésta pueda ser cementada de manera eficiente con pretratamientos de retención o con grupos de grabado químico.

El arenado con óxido de aluminio de 30 - 50 μm utilizado en el consultorio a 2,8 bar de presión por 7 segundos a 10mm de distancia (9) (10), mejora la rugosidad

de la superficie y aumenta la energía superficial, lo que promueve el flujo de cemento de resina en las microretenciones (11). Por otro lado, se reporta el uso de revestimiento triboquímico de sílice que desarrolla el proceso mediante 3 pasos: el arenado, la fricción y el esmerilado. Este es un sistema que da rugosidad y realiza una deposición de sílice en la superficie, lo que la hace más receptiva para la unión química a través de agentes de acoplamiento de silano (metacriloxipropil trimetoxisilano) y los grupos hidroxilos (12) (13).

Como éstas, muchas otras técnicas y protocolos se han usado para tener un paso a paso respecto al tratamiento de la superficie del zirconio, como lo son el grabado láser con láser granate e itrio y aluminio saturado con erbio, CO₂ y láser de granate con itrio y aluminio saturado con neodimio, el chorro de arena (microarenado), la pulverización con plasma, la aplicación de silano, grabado ácido y técnicas de grabado selectivo basado en calor para mejorar la adhesión y la resistencia al cizallamiento entre el zirconio y el cemento de resina. Sin embargo, ninguno de éstos ha mostrado ser el método ideal (12).

Como complemento de lo anteriormente mencionado, para la adhesión a este tipo de cerámica se emplean adhesivos y cementos resinosos con monómeros funcionales específicos. Los monómeros empleados usualmente son: ácido hidroxietil metacrilato (HEMA), anhídrido de trimelitato de 4-metacrilooxietilo (4-MET), ácido metacriloxietiltrimetilico (4META), y 10-metacriloxidecil dihidrógeno fosfato (10-MDP) el cual ha mostrado que hace unión química con los óxidos metálicos del zirconio (11).

La no adhesión al zirconio limita el uso en la práctica clínica de cementos adhesivos para todo tipo de restauraciones de zirconio y podrían generar fallas en la cementación, debido a su inercia química y ausencia de vidrio que dificulta su grabado y su adhesión (14). El adecuado manejo de la interfase adhesiva es clave para el éxito de la restauración por lo cual se han buscado protocolos y cementos que contribuyan y aumenten la resistencia adhesiva (15) (16).

En este orden de ideas, la pregunta de investigación es ¿Cuál es el efecto del tratamiento triboquímico y el tipo de cemento adhesivo sobre la resistencia adhesiva al zirconio?

METODOLOGÍA

Diseño de estudio

Se realizó un estudio experimental in vitro, para el que se utilizaron 36 (10) placas de zirconio (Cercon Dentsply Sirona) de 12 mm x 5 mm x 1,5 mm (9) (12) diseñadas en un archivo STL y fresadas en el sistema cerec® (Dentsply Sirona). Las placas de zirconio se dividieron en 2 grupos principales para realizar diferentes tratamientos de superficie y uso de cementsos resinosos. Esta distribución se puede observar en la figura 1.

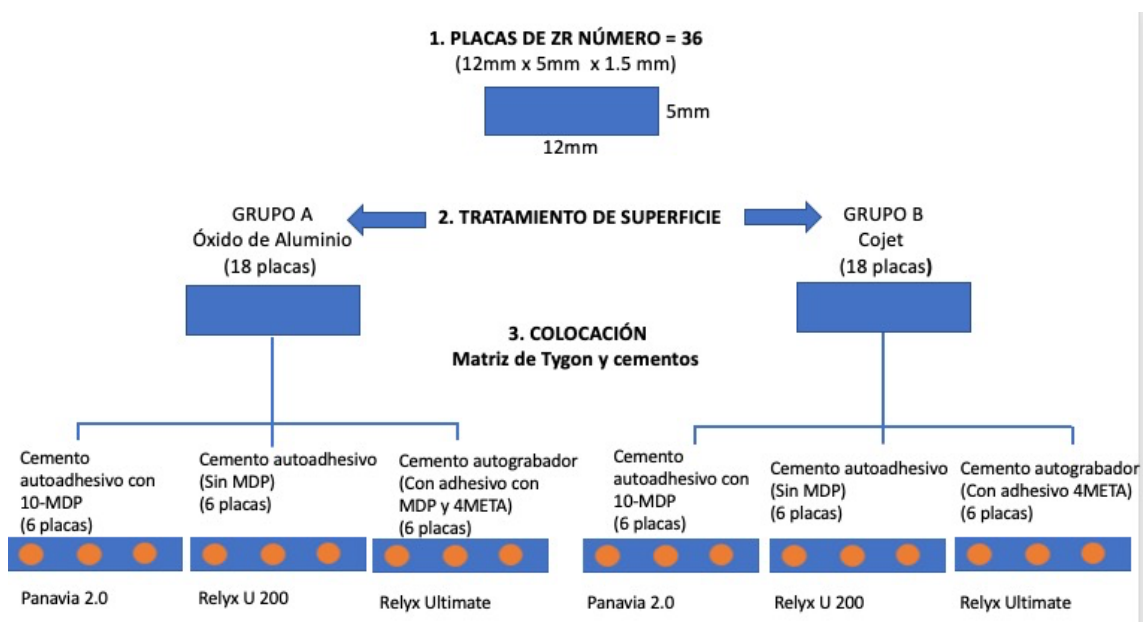


Figura 1 Distribución de las muestras de zirconio según tratamiento de superficie y tipo de cemento.

El primer grupo (A) estuvo compuesto por 18 placas de zirconio con tratamiento de superficie en óxido de aluminio que se realizó de la siguiente manera: cada placa se areno con el arenador marca BEGO con partículas 50 µm de óxido de Al, a 2,8 bar de presión por 7 segundos (17) (18). En el segundo grupo (B) se

realizó tratamiento triboquímico que consiste en partículas de óxido de aluminio recubiertas con sílice y se realizó de la siguiente manera: se cargó con arena (COJET 3M ESPE) el arenador marca BEGO se calibró la presión del chorro de 2 a 3 bar (30 a 42 psi), posteriormente se cubrió con arena COJET el área expuesta de la cerámica de zirconio de manera uniforme a 10 mm de distancia, el tiempo de arenado fue de aproximadamente 15 segundos, una vez finalizado el arenado, se sumergieron las muestras en ultrasonido marca Gnatus referencia CD-4810 en agua destilada, durante 5 minutos, por último se silanizó con silano ESPE SIL, con un pincel y aplicando aire seco durante 30 segundos(19) .

Todas las placas de zirconio con los diferentes tratamientos de superficie tuvieron 3 muestras realizadas con una matriz de diámetro, forma y altura de un catéter de tygon (10) de 1.6mm x 3.2 mm, el cual dio el contorno y estandarización para los diferentes tipos de cemento resinosos. Los dos grupos principales mencionados anteriormente, se dividieron cada uno en tres subgrupos de 6 placas, cada uno para hacer los procesos de cementación, siguiendo para cada uno de los cementos las instrucciones del fabricante así: Subgrupo A1,B1: se utilizó un cemento autoadhesivo Panavia F2.0 con contenido de 10-MDP, se realizó la aplicación de adhesivo de la casa comercial Kuraray, se fotopolimerizó con lámpara BluephaseN®MR de Ivoclar vivadent y posteriormente se usó el cemento autoadhesivo Panavia F2.0 de la casa comercial Kuraray; Subgrupo A2, B2: se utilizó un cemento autoadhesivo RelyX U™ 200 de la casa 3M ESPE, Subgrupo A3, B3: se utilizó un adhesivo autograbadador con contenido 4 META y 10-MDP (GLUMA bond universal) y se usó el cemento RelyX™ Ultimate de la casa comercial 3M ESPE, cada muestra se fotopolimerizo con lámpara BluephaseN®MR de Ivoclar vivadent durante 40 segundos por cada superficie, una vez finalizado el proceso de cementación se retiraron las matrices de tygon de cada muestra.

En la tabla 1 se muestra los principales materiales utilizados y su composición.

Tabla 1 Nombre de los productos, fabricantes, composición de materiales del estudio

Nombre del Material	Especificaciones del material	Manufactura
Cercon ht	Oxido Zirconio, Oxido de Itrio 5%, Oxido Hafnio <3%, Oxido de aluminio, Oxido silicio <1%	Dentsply Sirona
Panavia F 2.0	Pasta A: 10-MDP, dimetacrilato aromático hidrófobo, dimetacrilato alifático hidrófobo, dimetacrilato alifático hidrófilo, carga de sílice silanizada, sílice coloidal silanizada di canforquinona, catalizadores. Pasta B: dimetacrilato aromático hidrófobo, dimetacrilato alifático hidrófobo, Dimetacrilato alifático hidrófilo, relleno de vidrio de bario silanizado, catalizadores, aceleradores, pigmentos. Contenido de relleno inorgánico = 78% en peso.	Kuraray Noritake Dental Inc; Okayama, Japan.
Relyx U 200	Pasta Base: monómeros de metacrilato que contienen grupos de ácido fosfórico , monómeros de metacrilato, rellenos silanizados, componentes del iniciador, estabilizadores, aditivos reológicos Pasta Catalizadora: monómeros de metacrilato, rellenos alcalinos (básicos), rellenos silanizados componentes del iniciador, estabilizadores , pigmentos, aditivos reológicos	3M ESPE
Relyx Ultimate	Pasta Base: Monómeros de metacrilato, relleno radioopaco silanizado, componentes del iniciador, estabilizadores, aditivos reológicos. Pasta Catalizadora: Monómeros metacrilatos, rellenos alcalinos radioopacos (básicos), componentes iniciadores, estabilizadores, pigmentos, aditivos reológicos, tinte de fluorescencia, activador de curado oscuro para el adhesivo universal scotchbond.	3M ESPE
Gluma bond universal	Monómeros de metacrilato fotoactivables, en una base de acetona y agua.	Kulzer
Adhesivo Scotchbond Universal	Monómero de fosfato MDP, resinas de dimetacrilato, hema, copolímero vitrebond, relleno, etanol, agua, iniciadores, silano.	3M ESPE

Tabla 1 Se muestran los materiales que se implementaron en el estudio, nombre, especificaciones y fabricantes.

Posteriormente se sometió a un proceso de termociclado el cual simuló el envejecimiento de las muestras por cambios térmicos, estas fueron sometidas a 5000 ciclos con intervalos de 5 a 60 grados (9), se llevaron a la máquina universal de pruebas (marca MRC referencia UTM-65) , en donde se les aplicó a las placas de zirconio, una fuerza de cizallamiento a la interfase entre zirconio - cemento para identificar la carga máxima a la cual el cemento se separa del sustrato cerámico. El estrés en el enlace en la mayoría de las circunstancias puede definirse como tracción, cizallamiento o una combinación de estos y no hay pruebas específicas de laboratorio o clínicas que puedan ser válidas para todas las diversas aplicaciones clínicas de materiales adhesivos. El estándar ISO 29022 2013 describe la prueba de resistencia al cizallamiento para evaluar la unión de materiales restauradores dentales directos (20) la cual utilizamos en esta investigación, adicionalmente esta prueba permite la proyección eficiente de los sistemas adhesivos, el perfilado regional y profundo de una variedad de sustratos (21); las placas de zirconio estuvieron sostenidas en las mordazas de la máquina universal de pruebas donde estuvieron fijadas por dos superficies posibles para lograr una homogeneidad del estrés en el momento del impacto (21). Se utilizó un cincel romo con área de contacto de 3 mm² para realizar el impacto en la interfase, ya que el uso de un cincel de filo de cuchilla causa una

concentración de tensión severa en el área de aplicación de la carga (21), fue colocado directamente en la mordaza superior para ejercer la fuerza de cizallamiento sobre la muestra, con celda de carga de 50Kgf a una velocidad de 0.5 mm por minuto hasta la falla de la muestra (12); todo se llevó a cabo bajo condiciones ambientales de $(23 \pm 2) ^\circ \text{C}$ y $(50 \pm 10)\%$ de humedad relativa (20). La falla fue obtenida en KgF y convertidos a Newtons y los resultados obtenidos de la fuerza de cizallamiento se dieron finalmente en MPa (N/m^2). Una vez obtenidos los valores de resistencia adhesiva por cada muestra, se analizaron mediante el programa estadístico R con el paquete stats y las pruebas de hipótesis aplicadas, utilizaron un nivel de confianza del 95%.

Análisis estadístico

Se realizó la prueba de normalidad Shapiro – Wilk para determinar la normalidad de la distribución de la muestra, con el fin de aplicar el análisis unidireccional de varianza (ANOVA). Con base en los resultados derivados de la prueba de normalidad Shapiro- Wilk que no siguen una distribución normal, se realizaron las pruebas no paramétricas Kruskal-Wallis y U de Mann Whitney. Tanto las pruebas paramétricas como no paramétricas establecen la asociación entre los tratamientos de superficie y el tipo de cemento adhesivo.

Análisis descriptivo: De acuerdo con los registros, se realizó el gráfico boxplot, con el objetivo de conocer la tendencia central de la información (mediana); así mismo, las observaciones extremas en su respuesta y se calculó la métrica media, teniendo en cuenta que algunos de los datos no poseen observaciones atípicas.

Análisis Inferencial: De acuerdo con los registros se realizaron diversas pruebas de hipótesis con base en la prueba de normalidad Shapiro – wilk, lo anterior se realizó con el fin de conocer si los tratamientos de superficie generan la misma respuesta sobre la resistencia adhesiva al zirconio.

RESULTADOS

Comparación entre los diferentes tipos de cemento con el tratamiento de superficie triboquímico Cojet.

Al realizar el análisis bajo el tratamiento triboquímico Cojet con los cementos Panavia F2.0, Relyx U 200, y Relyx Ultimate, se observa que los registros de resistencia adhesiva para los cementos, presentan diferencia estadísticamente significativa ($p=2,60e-05$). El cemento Relyx U200 bajo el tratamiento triboquímico Cojet posee una mayor resistencia adhesiva promedio con respecto a los demás cementos (2,88 MPa), y una mayor variabilidad ($2,88 \pm 2,43$ MPa), El cemento Panavia F2.0 presentó valores intermedios promedio de resistencia adhesiva (0,99 MPa) con una variabilidad ($0,99 \pm 0,90$ MPa), y el cemento Relyx Ultimate presento los valores más bajos de resistencia adhesiva (0,58Mpa) con una variabilidad ($0,58 \pm 0,41$ MPa), Lo anterior concluye que bajo el tratamiento triboquímico Cojet, los cementos dentales generan diferentes respuestas en la resistencia adhesiva al zirconio, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Resistencia adhesiva y desviación estándar de los cementos bajo el tratamiento de superficie triboquímico Cojet.

CEMENTO	Mínimo	Máximo	Mediana	Desviación Estándar	Límite Inferior	Límite Superior	Media
Panavia	0,4480	4,3640	0,6902	0,9072293	0,0906407	1,905099	0,9979
U200	0,349	7,937	1,754	2,431728	0,448272	5,311728	2,880
Ultimate	0,05644	1,74212	0,49236	0,4141157	0,1683343	0,9965657	0,58245

En la **figura 2** se observa el diagrama de caja de los valores medios de resistencia adhesiva para los diferentes tipos de cemento y de acuerdo con el tipo de tratamiento de superficie.

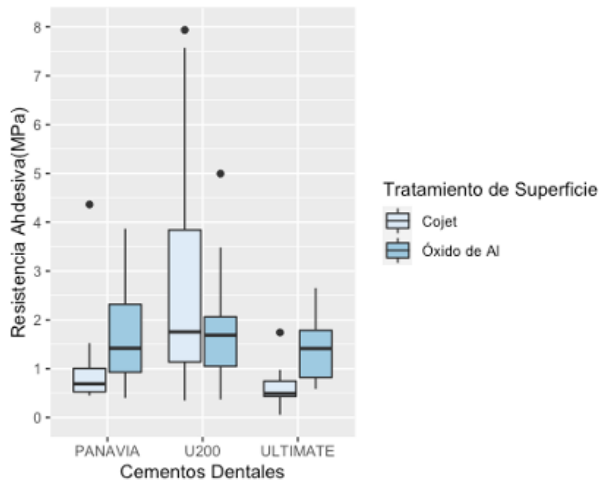


Figura 2. Diagrama de caja de valores medios de resistencia adhesiva para cada cemento y tipo de tratamiento de superficie.

Comparación entre el tipo de cemento y el tratamiento de superficie con Oxido de Aluminio.

Para el tratamiento de superficie con oxido de aluminio no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p=0,781$), lo cual indica que, bajo este, los cementos adhesivos generan la misma respuesta. El tratamiento de superficie con óxido de aluminio para el cemento Relyx U200 presentó una mayor resistencia adhesiva promedio con respecto a los demás cementos (1,86 MPa), y una mayor variabilidad ($1,86 \text{ MPa} \pm 1,21 \text{ MPa}$), el cemento Panavia F2.0 presento valores intermedios (1,686 MPa) con una variabilidad de ($1,68 \text{ MPa} \pm 1,11 \text{ MPa}$) y el Relyx Ultimate presento los valores más bajos (1,42 MPa) con una variabilidad ($1,42 \pm 0,65 \text{ MPa}$), como se evidencia en la tabla 2.

Tabla 2. Resistencia adhesiva y desviación estándar de los cementos bajo el tratamiento de superficie con Oxido de aluminio.

CEMENTO	Mínimo	Máximo	Mediana	Desviación Estándar	Limite Inferior	Limite Superior	Media
Panavia	0,4000	3,8673	1,4205	1,111811	0,574989	2,798611	1,6868
U200	0,3697	4,9950	1,6868	1,219458	0,646142	3,085058	1,8656
Ultimate	0,5853	2,6543	1,4152	0,6550861	0,7715139	2,081686	1,4266

Comparación entre los diferentes tratamientos de superficie.

Al analizar la diferencia entre el tratamiento de superficie triboquímico Cojet y óxido de aluminio para los cementos Panavia F2.0 y Relyx ultimate, mostraron diferencias estadísticamente significativas con un valor $p=0,031$, $p=0,0001$ respectivamente, lo cual indica que los dos tratamientos de superficie generan diferente respuesta sobre los cementos, por otro lado el cemento Relyx U200 no presenta diferencias estadísticamente significativas con un valor p ($p=0,3267$), lo cual indica que los dos tratamientos de superficie generan una misma respuesta sobre este cemento.

DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio mostraron que hay diferencias estadísticamente significativas para el Cojet y el óxido aluminio como tratamientos de superficie en relación con los cementos Panavia F2.0, Relyx U200 y Relyx Ultimate.

El Relyx U 200 en el estudio mostro un desempeño superior frente a los cementos Panavia F2.0 y Relyx Ultimate independiente al tipo de tratamiento de superficie, esto puede deberse a que los cementos autoadhesivos presentan una baja sensibilidad técnica debido a que no requiere la aplicación previa de un adhesivo haciendo que haya una disminución de pasos en su uso, lo cual lo hace más sencillo para el odontólogo (19), adicionalmente respecto al tipo de cemento se deben considerar las diferencias en composición y viscosidad, ya que estas pueden interferir en el comportamiento del cemento en la superficie de zirconio, debido a que influye directamente en la interpenetración (22).

Al realizar el tratamiento triboquímico Cojet al zirconio se observó un comportamiento favorable debido a la formación de microretenciones que genera y la deposición de óxido de sílice en la superficie permitiendo la unión con agentes de acoplamiento de silano y a través de esta técnica se logra una fuerza de unión mayor entre el cemento y el zirconio según May y colaboradores (2019) (21).

Guilardi y col (2019) compararon el tratamiento de superficie triboquímico y el de óxido de aluminio, evidenciando la formación de defectos y promoviendo una superficie más rugosa del zirconio, este autor también menciona que respecto al uso de cementos con 10-MDP hay un desempeño menor, el cual se puede atribuir a una mayor viscosidad del cemento, la cual impide fluir en los defectos realizados por el arenado (20), para nuestro estudio los datos del cemento Panavia F2.0 con contenido de 10-MDP también revelaron valores inferiores.

La revisión sistemática de Garayoa (2021) menciona que el uso de monómeros funcionales como el 10-MDP posterior al arenado no muestra mejoras significativas en la adhesión debido a que este tipo de moléculas presentan una degradación hidrolítica que disminuye los valores de resistencia adhesiva (22).

En contraposición autores como Almagro Cruz concluyen que al usar un primer con contenido de 10-MDP y un correcto arenado los niveles de adhesión son significativamente mayores proporcionando una mayor resistencia y longevidad. (23), de igual manera el 4-META presenta mayores niveles de adhesión a la restauraciones con zirconio.(3)

Es importante tener en cuenta que los resultados deben evaluarse después de realizar el envejecimiento artificial del zirconio a través del termociclado (24) Comba (2021) en su estudio menciona que el termociclado influye significativamente en la fuerza de unión para las técnicas adhesivas, ya que induce a una degradación hidrolítica en el enlace debido a la difusión del agua en la interfase. (25) (20).

Adicionalmente los estudios In vitro debe cumplir con ciertas características como la inclusión de un grupo control que permite la evaluación eficaz del tratamiento probado, la estandarización de protocolos, el uso mínimo de 5000 ciclos de termociclado, la evaluación de los resultados antes y después de este(22) y por último realizar la prueba de cizallamiento que es la metodología más utilizada para medir la fuerza de unión entre los cementos y el zirconio (26).

Para mejorar la adhesión al zirconio en la literatura podemos encontrar diferentes alternativas de tratamiento de superficie, como la abrasión de la superficie con oxido de aluminio, tratamiento triboquímico, tratamiento con clorosilano, grabado selectivo por infiltración, tratamiento con alumina nanoestructurada, solución con grabado químico caliente, aplicación de laser, abrasión con polvo cerámico de zirconio, técnicas de fluoración de gases, aplicación de imprimadores de esteres con fosfato y cementos de resina modificados con fosfatos.(8).

A pesar que el arenado de la superficie con oxido de aluminio y el uso del monómero funcional 10-MDP nos han acercado a un protocolo de cementación al zirconio confiable (27) aún no se ha estandarizado un protocolo definitivo para la cementación al zirconio debido a la heterogeneidad de los resultados de los estudios In vitro. (28).

CONCLUSIONES

- El tratamiento de superficie triboquímico Cojet con el cemento Relyx U200 se asoció a los valores de resistencia adhesiva al zirconio más altos.
- Para los tres tipos de cementos adhesivos, la respuesta frente al tratamiento de superficie con oxido de aluminio no fue estadísticamente significativa.
- El cemento Relyx Ultimate tanto para el tratamiento de superficie triboquímico Cojet como para el oxido de aluminio presento el menor desempeño de resistencia adhesiva al zirconio.

REFERENCIAS

1. Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. J Prosthet Dent. 2003; 89(3):268-74
2. Dbradović-Djuricić K, Medić V, Dodić S, Gavrilov D, Antonijević D, Zrilić M. Dilemmas in zirconia bonding: A review. Srp Arh Celok Lek. 2013;141(5–6):395–401.

3. Arena A, Prete F, Rambaldi E, Bignozzi MC, Monaco C, Di Fiore A, et al. Nanostructured zirconia-based ceramics and composites in dentistry: A state-of-the-art review. *Nanomaterials*. 2019;9(10):1–14.
4. Jithendra Babu P, Alla RK, Alluri VR, Datla SR, Konakanchi A. Dental ceramics: Part I – an overview of composition, structure and properties. *Am j mater eng technol*. 2015;3(1):13–8.
5. Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, Silva NRFA, Bonfante EA. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *Int J Prosthodont*. 2015;28(3):227–35.
6. Cortizo MC, Azzarri MJ, Jordan S, Moure MP, Burgos H, Vellozo G. Análisis de la resistencia adhesiva de diferentes medios cementantes en diversos sustratos del sistema CEREC III. 2019 Available from: https://www.lareferencia.info/vufind/Record/AR_c8e32adf729b21596b66904e93350f36
7. Blatz MB, Alvarez M, Sawyer K, Brindis M. How to bond Zirconia: The APC concept. *Compend Contin Educ Dent*. 2016;37(9):611–7; quiz 618.
8. Chandran A, Dhaded S. Impact of various surface treatments on bonding of Zirconia -a literature review. *Guident*. 2020;14(1):18–21
9. Blatz MB, Phark JH, Ozer F, Mante FK, Saleh N, Bergler M, et al. In vitro comparative bond strength of contemporary self-adhesive resin cements to zirconium oxide ceramic with and without air-particle abrasion. *Clin Oral Investig*. 2010;14(2):187–92.
10. Siqueira F, Cardenas AM, Gutierrez MF, Malaquias P, Hass V, Reis A, et al. Laboratory performance of universal adhesive systems for luting CAD/CAM restorative materials. *J Adhes Dent*. 2016;18(4):331–40.
11. Sokolowski G, Szczesio A, Bociong K, Kaluzinska K, Lapinska B, Sokolowski J, et al. Dental resin cements—the influence of water sorption on contraction stress changes and hygroscopic expansion. *Materials (Basel)*. 2018;11(6):973.
12. Yue X, Hou X, Gao J, Bao P, Shen J. Effects of MDP-based primers on shear bond strength between resin cement and zirconia. *Exp Ther Med*. 2019;17(5):3564–72.

13. Nagaoka N, Yoshihara K, Tamada Y, Yoshida Y, Van Meerbeek B. Ultrastructure and bonding properties of tribochemical silica-coated zirconia. *Dent Mater J*. 2019;38(1):107–13
14. Franz A, Winkler O, Lettner S, Öppinger S, Hauser A, Haidar M, et al. Optimizing the fitting-surface preparation of zirconia restorations for bonding to dentin. *Dent Mater*. 2021;37(3):464–76.
15. Inokoshi M, De Munck J, Minakuchi S, Van Meerbeek B. Meta-analysis of bonding effectiveness to zirconia ceramics. *J Dent Res*. 2014;93(4):329–34.
16. Salazar MSV, Abril VJV, Barba GL. Protocolos adhesivos a la cerámica de Disilicato de Litio y la cerámica no grabable Zirconia. *RECIMUNDO* [Internet]. 2019 Feb 20 [cited 2021 Aug 27];3(1):1375–402. Available from: <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/421>
17. 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
18. Piascik JR, Wolter SD, Stoner BR. Development of a novel surface modification for improved bonding to zirconia. *Dent Mater*. 2011;27(5):e99-105.
19. Chen B, Yan Y, Xie H, Meng H, Zhang H, Chen C. Effects of tribochemical silica coating and alumina -particle air abrasion on 3Y-TZP and 5Y-TZP: Evaluation of surface hardness, roughness, bonding, and phase transformation. *J Adhes Dent*. 2020;22(4):373–82.
20. Guilardi LF, Pereira GKR, Giordani JC, Kleverlaan CJ, Valandro LF, Rippe MP. Effect of zirconia surface treatment, resin cement and aging on the load-bearing capacity under fatigue of thin simplified full-contour Y-TZP restorations. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2019;97:21–9.
21. May MM, Marchionatti AME, Valandro LF, Foletto EL, Dorneles LS, May LG. Y-TZP surface treatments and their effects on the bond strength to resin cement. *Braz J Oral Sci*. 2019;18:e190918.
22. 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;14(11):2751.

23. Cruz H. A, Ampuero Ramírez N. Revisión Sistemática de Protocolos de Cementación en Zirconio. *jah*. 2020;3(3):70–7.
24. Rosentritt M, Behr M, van der Zel JM, Feilzer AJ. Shear bond strength of cement to Zirconia. *J Adhes Sci Technol*. 2009;23(7–8):1125–32.
25. Comba A, Baldi A, Tempesta RM, Carossa M, Perrone L, Saratti CM, et al. Do chemical-based bonding techniques affect the bond strength stability to cubic Zirconia? *Materials (Basel)*. 2021;14(14):3920
26. Thammajaruk P, Blatz MB, Buranadham S, Guazzato M, Wang Y. Shear bond strength of composite cement to alumina-coated versus tribochemical silica-treated zirconia. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2020;105(103710):103710
27. Lima A da S, Rúbio GR, Rodrigues L dos S, Finck NS. O papel do 10-MDP no processo da adesão. *Acervo Odontológico*. 2021;3:e5759.
28. 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