

## Efectividad de diferentes tratamientos en la adhesión sobre cerámica de zirconio \*

### Effectiveness of different treatments in ceramic zirconia adhesion

Laura Angélica Hurtado Fino <sup>1</sup>  
Juan Norberto Calvo Ramírez <sup>2</sup>

#### ABSTRACT

**Objectives:** Evaluate zirconia adhesion of different treatments in shear strength tests. **Methods:** 160 Resin cylinders were bonded to zirconium ceramic specimens, feldspatic ceramic specimens and metal specimens following various adhesion protocols. 4 cement types were used with 16 different bonding methods. Samples were stored for 24 hours in distilled water (37°C) and were tested for shear strength. The data obtained were subjected to statistical analysis by analysis of variance (ANOVA) of one and two ways; Fisher's least significant difference (LSD) with 5% level of significance and Kruskal-Wallis test. **Results:** zirconia ceramic treated with different acids and an experimental treatment was after feldspatic ceramic, the group with the highest shear bond strength. The highest mean value of the zirconia ceramic groups was group 5 (hydrofluoric acid, 8.0859 Mpa), followed by group 8 (experimental coral, 7.62965 Mpa), group 7 (nitric acid, 6.7618 Mpa), group 6 (sulfuric acid, 6.24245 Mpa) and group 4 (zirconia ceramic treated only with silane, 3.66635 Mpa). Zirconia ceramic treated with different conditioning methods has better mean values with RelyX U100® (3M) cement (8.00428 Mpa) than with Multilink® (IVOCCLAR) cement (4.95018 Mpa) showing a statistical significant difference. **Conclusion:** Conditioning treatments with nitric acid at room temperature and experimental coral on zirconia ceramic, are an easiest manipulation alternative to improve adhesive values.

**Keywords** Zirconia, cementation, acid etching, silane, adhesion.

#### RESUMEN

**Objetivos:** Evaluar el efecto en la adhesión sobre cerámica de zirconio de diferentes tratamientos en ensayos de cizalla. **Métodos:** 160 cilindros de resina fueron unidos a especímenes de cerámica de zirconio, cerámica feldespática y metal siguiendo diferentes protocolos. Se utilizaron 4 tipos de cemento y se utilizaron 16 diferentes métodos de adhesión. Los cilindros se almacenaron por 24 horas en ambiente húmedo a 37°C y luego sometidos a prueba de resistencia al corte. El análisis estadístico fue realizado con el análisis de varianza (ANOVA) a una y dos vías; procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher bajo un nivel de significancia del 5% y prueba de Kruskal-Wallis. **Resultados:** El zirconio tratado, luego de la cerámica feldespática fue el que presentó mayor resistencia de unión al corte. La media general más grande de los grupos de cerámica de zirconio fue el grupo 5 (ácido fluorhídrico 8.0859 Mpa), seguida del grupo 8 (coral experimental, 7.62965 Mpa), el grupo 7 (ácido nítrico, 6.7618 Mpa), el grupo 6 (ácido sulfúrico, 6.24245 Mpa) y el grupo 4 (zirconio tratado únicamente con silano, 3.66635 Mpa). En general para la cerámica de zirconio con los diferentes tratamientos superficiales se observa un mejor comportamiento en promedio del cemento RelyX® U100 (3M) (8.00428 Mpa) que el Multilink® (IVOCCLAR) (4.95018 Mpa) con una diferencia estadísticamente significativa. **Conclusión:** Los tratamientos superficiales como el ácido nítrico a temperatura ambiente y coral experimental sobre la cerámica de zirconio, son una alternativa de fácil manipulación para mejorar valores de adhesión.

**Palabras clave** Zirconio, cementación, grabado ácido, silano, adhesión.

\* Trabajo de grado para obtener título de Rehabilitación Oral. Facultad de Odontología, Universidad Nacional 2009.

<sup>1</sup> Rehabilitadora oral. Facultad de Odontología, Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. Cra 14 No. 76-11 of 305. 3105692588. Correo electrónico: lahur001@yahoo.com.

<sup>2</sup> Docente de postgrado de Rehabilitación Oral. Facultad de Odontología, Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. 3002010518. Correo electrónico: jncalvan@unal.edu.co.

## INTRODUCCIÓN

Dentro de los materiales cerámicos el zirconio ha tenido gran auge en la última década por sus propiedades de alta resistencia a la fractura, resistencia al desgaste, alta dureza, resistencia química y la estética que proporciona, razones que lo convierten en un material de gran interés para lograr una cementación adhesiva, objetivo que aun se encuentra en un proceso de investigación. Actualmente el ácido fluorhídrico ha sido catalogado como un tratamiento superficial no eficaz para aumentar los valores de adhesión en las cerámicas de zirconio. En estudios previos se ha observado que el ácido fluorhídrico al 38% por 12 minutos ha demostrado una débil tendencia a mejorar la fuerza de unión (1). Se ha argumentado que el grabado con ácido fluorhídrico no produce una adecuada unión de la resina con el zirconio, debido a que la cerámica de zirconio no puede ser grabada (2) y además como no es basada en sílice, la traba micromecánica entre las uniones sílice-silano no puede ser lograda al utilizar agentes acopladores de silano (3).

Al investigar las propiedades químicas del dióxido de zirconio se encontró que es soluble en ácido nítrico y ácidos concentrados calientes como el clorhídrico, fluorhídrico y sulfúrico (4). Sin embargo no se encuentra reportado en la literatura el tratamiento de estos ácidos incluyendo la variable de la temperatura sobre la cerámica de zirconio.

Dentro de la revisión de la literatura el único estudio que ha analizado el efecto con ácido sulfúrico al 70% en ebullición por 120 segundos, se realizó sobre In Ceram®. El resultado mostró que este tipo de grabado no era apropiado para una unión estable a largo plazo, debido a que la unión con las partículas de alúmina superficial quedaron debilitadas como resultado del grabado (5,6). Por lo tanto es de interés evaluar el uso de ácido fluorhídrico y otros ácidos incluyendo la variable de la temperatura para el tratamiento superficial del zirconio y su influencia en los valores de adhesión. Siguiendo la línea de investigación de Nobel con su nuevo producto Nobelbond® (7) se decidió incluir un tratamiento experimental con el objetivo de modificar la superficie del zirconio y lograr una retención mecánica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se fabricaron 20 cilindros de metal base Niquel-Cromo (Wiron 99®) (grupo 1), 20 especímenes de cerámica feldespática (vita VMK®) sobre un cilindro metálico (grupo 2) y 120 especímenes de cerámica de zirconio. Para fabricar los especímenes se realizaron cortes de dos bloques de zirconio, IPS e-maxZir CAD B55® en la microcortadora (ISOMET®), de tal forma que cada espécimen era de una altura de 2mm y un diámetro de 5 mm por cada lado aproximadamente.

Luego se pulieron las superficies de metal, cerámica feldespática y de zirconio con lijas de papel de grano 200, 400 y 600. Se sintetizaron los especímenes de cerámica de zirconio en el horno Sintramat® a una temperatura de 1500°C por 8 horas aproximadamente incluyendo el enfriamiento. Después se realizó el acondicionamiento de los especímenes mediante grabado con diferentes ácidos de la siguiente forma:

- 20 especímenes de cerámica feldespática (Grupo 2): ácido fluorhídrico al 4% por 4 minutos.

- 20 especímenes de cerámica de zirconio (Grupo 5): ácido fluorhídrico al 38% a 30°C por 12 minutos.
- 20 especímenes de cerámica de zirconio (Grupo 6): ácido sulfúrico al 70% a 90°C por 5 minutos.
- 20 especímenes de cerámica de zirconio (Grupo 7): ácido nítrico 0.5 Normal por 5 minutos.
- 20 especímenes de cerámica de zirconio (Grupo 8): coral experimental y fueron sometidos a una segunda cocción a una temperatura de 1050°C por 15 minutos.

Los especímenes tratados con diferentes ácidos se colocaron en ultrasonido con agua destilada por 2 minutos y luego se secaron con chorro de aire. 1 espécimen adicional de cada grupo de cerámica de zirconio con el tratamiento de superficie respectivo se utilizó para su observación en microscopia electrónica de barrido. Los especímenes de cerámica de zirconio se colocaron parcialmente en cubos de acrílico de 2cm x 2cm x 3.5cm. Para delimitar el área de unión de la resina a la cerámica y el metal, se colocó sobre la superficie de cada uno de los especímenes una cinta separadora con una perforación de diámetro 1.66mm en promedio en el centro que correspondería al sitio de aplicación del adhesivo. Luego cada grupo se subdividió en 2 subgrupos de 10 especímenes cada uno, para aplicar dos diferentes métodos adhesivos.

Se posiciona un tubo de polipropileno de 2 mm de diámetro como matriz para obturar con la resina de recubrimiento FiltekZ100® (3M) para el primer subgrupo y con la resina TetricCeram (Ivoclar) para el segundo subgrupo. Las resinas se fotopolimerizan por 20 segundos en tres zonas siguiendo las especificaciones de la casa fabricante para su manipulación y aplicación. Luego se retira el tubo de polipropileno y se cortan los cilindros de resina con disco cada 3 mm. Luego cada cilindro es pulido en sus extremos con lija de papel de grano 600. Se realiza la aplicación del silano, el primer, el adhesivo y el cemento como se observa en la Tabla 1.

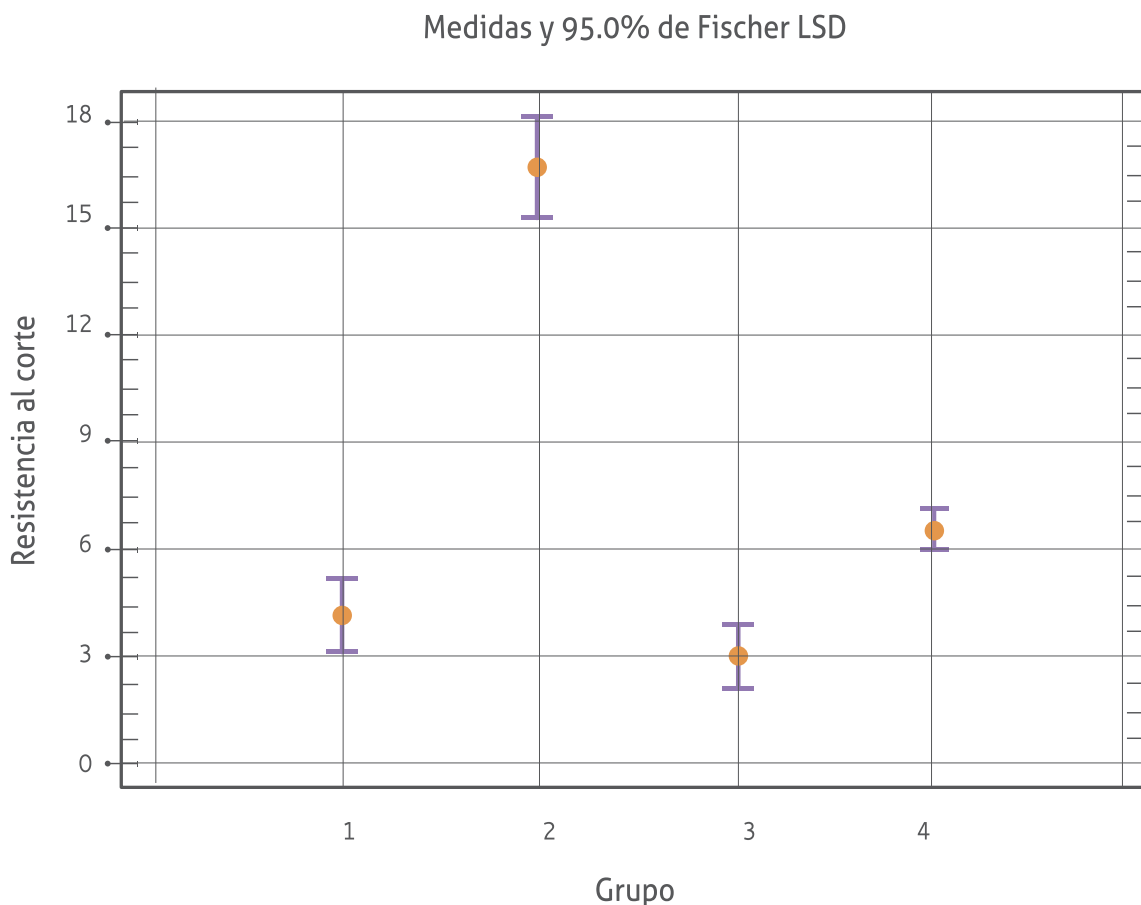
Todos los especímenes son almacenados en ambiente húmedo a 37°C por 24 horas en el Higrobath®. Las muestras fueron llevadas a la máquina universal de ensayos (Instron® modelo 2519-106), en la cual se instaló una punta de corte (cabeza biselada), que fue ubicada en la zona de unión de los dos materiales para aplicar la carga. Dicha punta fue programada para descender a una velocidad de 0.5mm/minuto, y se registraron los valores a los cuales se produjo la falla o fractura, estos valores corresponden a la resistencia de unión al corte entre dichos materiales. Teniendo en cuenta el área de adhesión y la magnitud de la carga registrada en kilogramos, se calculó el correspondiente esfuerzo en MPa. Una vez realizada la fractura de los especímenes, se procedió a determinar el tipo de falla que se presentó en cada una de las muestras en la interface de unión resina-adhesivo-cerámica, mediante la utilización del estereomicroscopio (Optix) a un aumento de 60X, la evaluación se fundamentó en clasificar el tipo de falla dentro de cualquiera de las siguientes denominaciones: adhesiva o cohesiva. Las fallas que presentaban ambas categorías se clasificaron en alguna de las dos, de acuerdo a una proporción superior al 60% de la superficie.

TABLA 1

Descripción de la aplicación del silano, el primer, el adhesivo y el cemento en cada uno de los grupos		
Grupo	Primer subgrupo	Segundo subgrupo
Grupo 1 Metal	Elyx U100® (3M) Colocación del cilindro de resina Z100® (3M) Fotopolimerización por 20 seg	Metal/Zirconia Primer® (Ivoclar) por 180 seg Chorro de aire Multilink® (Ivoclar) Colocación del cilindro de resina TetricCeram® (Ivoclar) Fotopolimerización por 20 seg
Grupo 2 Cerámica Feldespática	Relyx Primer® (3M) en 2 capas por 30 seg Chorro de aire intermedio Adper single Bond® (3M) por 10 seg Relyx ARC® (3M) Colocación del cilindro de resina Z100® Fotopolimerización por 40 seg	Monobond S® (Ivoclar) en 2 capas por 30 seg Chorro de aire intermedio Excite® (Ivoclar) una capa por 15 seg Variolink® (Ivoclar) Colocación del cilindro de resina TetricCeram® (Ivoclar) Fotopolimerización por 40 seg
Grupo 3 Cerámica de zirconio	Relyx U100® (3M) Colocación del cilindro de resina Z100 (3M) Fotopolimerización por 20 seg	Multilink® (Ivoclar) Colocación del cilindro de resina TetricCeram® (Ivoclar) Fotopolimerización por 20 seg
Grupo 4 Cerámica de zirconio	Relyx Primer® (3M) Relyx U100® (3M) Colocación del cilindro de resina Z100® (3M) Fotopolimerización por 20 seg	Monobond Plus® (Ivoclar) por 60 seg Chorro de aire Metal/Zirconia Primer® (Ivoclar) por 180 seg Chorro de aire Multilink® (Ivoclar) Colocación del cilindro de resina TetricCeram® (Ivoclar) Fotopolimerización por 20 seg
Grupo 5,6,7,8 Cerámica de zirconio con diferentes tratamientos superficiales	Relyx Primer® (3M) Relyx U100® (3M) Colocación del cilindro de resina Z100® (3M) Fotopolimerización por 20 seg	Monobond Plus® (Ivoclar) por 60 seg Chorro de aire Metal/Zirconia Primer® (Ivoclar) por 180 seg Chorro de aire Multilink® (Ivoclar) Colocación del cilindro de resina TetricCeram® (Ivoclar) Fotopolimerización por 20 seg

## RESULTADOS

Los valores medios de resistencia de unión al corte con intervalos de confianza del 95% se encuentran resumidos en las tablas 2 y 3. En la tabla 2 se realizó un reagrupamiento para el análisis y comparación de los diferentes sustratos así: Grupo 1: Metal, Grupo 2: Cerámica Feldespática, Grupo 3: Cerámica de zirconio sin tratamiento, Grupo 4: Cerámica de zirconio que recibió diferentes tratamientos (silano, HF, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>, coral experimental). Esto permitió establecer diferencias significativas entre los promedios de resistencia de unión al corte en los diferentes sustratos (Gráfica 1). La tabla 3 presenta el análisis de cada uno de los grupos de cerámica de zirconio que recibió un tratamiento de superficie. La media general más grande de todos los grupos fue 8.0859 Mpa correspondiente al grupo 5 (zirconio tratado con ácido fluorhídrico), seguida del grupo 8 (coral experimental, 7.62965 Mpa), el grupo 7 (ácido nítrico, 6.7618 Mpa), el grupo 6 (ácido sulfúrico, 6.24245 Mpa) y la media de resistencia de unión al corte más pequeña fue 3.66635 correspondiente al grupo 4 (zirconio tratado únicamente con silano). Siendo los grupos 6, 7 y 8 los más homogéneos y el de mayor variabilidad el grupo 5.



GRÁFICA 1.

Prueba de Rangos Múltiples para prueba de resistencia de unión al corte por sustrato

TABLA 2

Medias por Mínimos Cuadrados para prueba de resistencia de unión al corte			
Nivel	Casos	Media	Error Est.
<b>CEMENTO</b>			
Variolink®-Multilink®-IVOCLAR	80	9.30197	0.552323
Relyx ARC®- Relyx U100®-3M	80	6.04172	0.552323
<b>GRUPO</b>			
1 Metal	20	4.2274	0.8733
2 Feldespática	20	16.7641	0.8733
3 Zirconio no tratado	20	3.21865	0.8733
4 Zirconio con diferentes tratamientos	100	6.47723	0.390552
<b>CEMENTO por GRUPO</b>			
Multilink® IVOCLAR - 1 Metal	10	5.7624	1.23503
Variolink® IVOCLAR - 2 Feldespática	10	23.1745	1.23503
Multilink® IVOCLAR - 3 Zirconio no tratado	10	3.3208	1.23503
Multilink® IVOCLAR- 4 Zirconio con diferentes tratamientos	50	4.95018	0.552323
Relyx U100® 3M - 1 Metal	10	2.6924	1.23503
Relyx ARC® 3M - 2 Feldespática	10	10.3537	1.23503
Relyx U100® 3M - 3 Zirconio no tratado	10	3.1165	1.23503
Relyx U100® 3M - 4 Zirconio con diferentes tratamientos	50	8.00428	0.552323

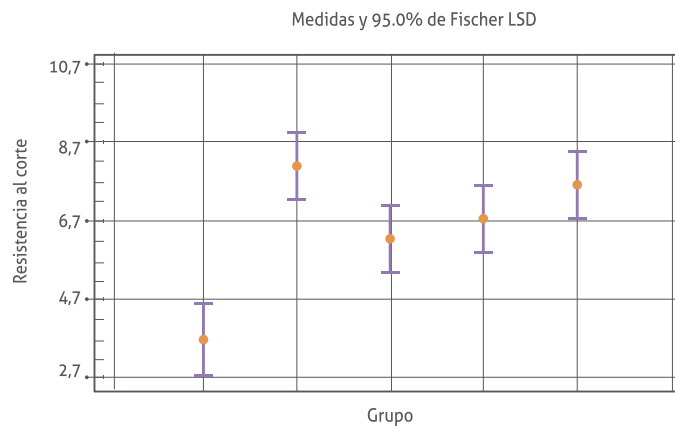
TABLA 3

Medias por Mínimos Cuadrados para prueba de resistencia de unión al corte			
Nivel	Casos	Media	Error Est.
<b>CEMENTO</b>			
Multilink® - IVOLAR	50	4.95018	0.399903
Relyx U100® -3M	50	8.00428	0.399903
<b>GRUPO</b>			
4 Zr tratado con silano	20	3.66635	0.632303
5 Zr tratado con HF	20	8.0859	0.632303
6 Zr tratado con H2SO4	20	6.24245	0.632303
7 Zr tratado con HNO3	20	6.7618	0.632303
8 Zr tratado con coral experimental	20	7.62965	0.632303
<b>CEMENTO por GRUPO</b>			
Multilink® - Grupo 4	10	3.1807	0.894211
Multilink® - Grupo 5	10	5.3493	0.894211
Multilink® - Grupo 6	10	4.6388	0.894211

TABLA 3

Medias por Mínimos Cuadrados para prueba de resistencia de unión al corte			
Nivel	Casos	Media	Error Est.
Multilink® – Grupo 7	10	4.3413	0.894211
Multilink® – Grupo 8	10	7.2408	0.894211
Relyx U100® – Grupo 4	10	4.152	0.894211
Relyx U100® – Grupo 5	10	10.8225	0.894211
Relyx U100® – Grupo 6	10	7.8461	0.894211
Relyx U100® – Grupo 7	10	9.1823	0.894211
Relyx U100® – Grupo 8	10	8.0185	0.894211

La tabla 4 muestra la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher con intervalos de confianza del 95.0%, para prueba de resistencia de unión al corte por cemento, indicando una diferencia significativa entre el cemento Multilink de IVOCLAR (4.95018 Mpa) y Relyx U100 de 3M (8.00428 Mpa). La tabla 5 muestra la diferencia mínima significativa (LSD) de



GRÁFICA 2.

Prueba de Rangos Múltiples para prueba de resistencia de unión al corte por tipo de tratamiento

Fisher con intervalos de confianza del 95% para prueba de resistencia de unión al corte por tipo de tratamiento, indicando una diferencia significativa entre la cerámica de zirconio tratada únicamente con silano con los demás grupos (gráfico 2).

TABLA 4

Prueba de Rangos Múltiples para prueba de resistencia de unión al corte por cemento				
CEMENTO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Multilink® IVOCLAR	50	4.95018	0.399903	X
Relyx U100® 3M	50	8.00428	0.399903	X
Contraste		Sig.	Diferencia	+/- Límites
IVOCLAR – 3M		*	-3.0541	1.12356

\* Indica una diferencia significativa

TABLA 5

Prueba de rangos múltiples para prueba de resistencia de unión al corte por tipo de tratamiento				
GRUPO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
4 Zr tratado con silano	20	3.66635	0.632303	X
6 Zr tratado con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	20	6.24245	0.632303	X
7 Zr tratado con HNO <sub>3</sub>	20	6.7618	0.632303	XX
8 Zr tratado con coral experimental	20	7.62965	0.632303	XX
5 Zr tratado con HF	20	8.0859	0.632303	X

## DISCUSIÓN

La cerámica de zirconio es un nuevo material que por su elevada resistencia a la fractura y por la estética que ofrece, ha generado un interés en mejorar una de sus limitaciones más grandes para su uso en clínica, la adhesión. Existen situaciones clínicas en las cuales la adhesión sobre el zirconio es de suma importancia como la cementación adhesiva, la delaminación de la cerámica de recubrimiento y la fractura de la cerámica. Esta investigación pretende dar respuestas a estas situaciones. En los intentos por lograr una adhesión a la cerámica de zirconio han surgido métodos como el arenado, modificación química de algunos sistemas cementantes que involucran la imprimación a metal y silanos modificados, entre otros. Este estudio muestra el aumento de resistencia en la fuerza de unión entre la resina y la cerámica de zirconio al usar diferentes tratamientos de superficie con grabado ácido y sustancias alternativas como coral experimental.

En un primer análisis para determinar la fuerza de adhesión en los diversos tipos de sustrato, se realizó un reagrupamiento para el análisis de varianza multifactorial a dos factores, que permitió establecer la existencia de diferencias significativas entre los promedios de resistencia de unión al corte, siendo la cerámica feldespática la que mejores valores obtuvo como se esperaba, siguiendo el tratamiento clásico utilizando cementos convencionales (Variolink®-Ivoclar y Relyx ARC®-3M), seguida de la cerámica de zirconio tratada de diferentes formas, luego por el sustrato de metal y por último, la cerámica de zirconio que no tuvo ningún tipo de tratamiento. Es de gran importancia e interés señalar que el zirconio tratado fue un grupo de comportamiento homogéneo, y mientras la cerámica feldespática fue el que presentó mayor resistencia de unión al corte.

Conociendo que la cerámica de zirconio está compuesta químicamente por zirconio, el cual es clasificado como un metal, fue de interés establecer la interacción química que existe entre los cementos estudiados (RelyX U100® (3M), Multilink® (Ivoclar)) sobre aleaciones de metal base, razón por la cual se introduce un grupo de metal base (Niquel-Cromo). En este grupo se observaron los valores promedio de fuerza de adhesión más bajos y no se encontró una diferencia estadísticamente significativa al usar el sistema de Ivoclar (Metal/Zirconia Primer®, Monobond Plus® y Multilink®) con el de 3M (Relyx Primer® y RelyX U100®); sin embargo los valores promedio fueron mayores para Ivoclar (5.76 Mpa) que para 3M (2.69 Mpa).



Se pudo establecer una diferencia estadísticamente significativa entre los tipos de cemento, cuando el sustrato fue cerámica feldespática (vita VMK®) y fue tratada clásicamente estableciendo medias de 10.35 Mpa con Relyx ARC® y 23.17 Mpa con Variolink®; datos similares a los observados por Shahverdi (8) quien realizó grabado sobre cerámica feldespática con ácido fluorhídrico al 5% por 1 minuto, seguido de silano (Monobond S® - Ivoclar), adhesivo (Adhesive bond®- Kulzer), hallaron a las 24 horas valores promedio de 23.5 Mpa.

Al analizar los valores promedio de la cerámica de zirconio sin tratamiento de silano (3.11 Mpa para 3M y 3.32 Mpa para Ivoclar) con los de la cerámica de zirconio tratada con silano (4.15 Mpa para 3M y 3.18 Mpa para Ivoclar) no se observan diferencias significativas entre los grupos, ni tampoco entre los diferentes sistemas cementantes. Esto comprueba que no hay interacción química no solo de los silanos usados (Monobond Plus® – Ivoclar, Relyx Primer® -3M), sino tampoco del nuevo primer para zirconio de Ivoclar (Metal/Zirconia Primer®). La anterior información coincide con lo planteado por diversos autores, quienes afirman que la cerámica de zirconio no responde a los procedimientos de silanización como lo hacen otras cerámicas que reaccionan a los agentes acopladores de silano (3 9,10). Al comparar el grupo de control que no utilizó silano, con los que si lo utilizaron, se observó que la presencia de silano no afectó negativamente la adhesión para el cemento RelyX U100® (3M), sin embargo si disminuyó ligeramente los valores promedio de los grupos que utilizaron el cemento Multilink® (Ivoclar). Por lo tanto de forma general se concluye que el tratamiento con el silano no fue efectivo.

Para estudiar detalladamente los tipos de tratamiento realizados sobre la cerámica de zirconio, se utilizó el análisis de varianza multifactorial a dos factores, donde se escogieron únicamente los grupos del 4 al 8. La cerámica de zirconio tratada con ácido fluorhídrico al 38% a 30°C por 12 minutos mostró valores promedio de 10.82 Mpa con RelyX U100® (3M) y 5.34 Mpa con Multilink® (Ivoclar). Dentro de los estudios realizados tratando la cerámica de zirconio con ácido fluorhídrico se encuentra el realizado por Derand (1), donde realiza primero un arenado con partícula de óxido de aluminio de 50 micrones, seguido de un grabado por 12 minutos al 38%, con aplicación de silano posteriormente y observa unos valores promedio de 19.9 Mpa utilizando el cemento Superbond®.

Esto muestra la posible influencia positiva que tiene el arenado con partícula de óxido de aluminio en la fuerza de adhesión sobre la cerámica de zirconio, como lo han mostrado diversos autores. Kern (11) utilizó zirconia parcialmente estabilizada con itrio experimental, arenó con partícula de óxido de aluminio de 110 micrones y utilizó Panavia Ex® y Panavia 21Ex® mostrando los valores más altos de unión a los 3 días (49.7 Mpa y 46.0 Mpa respectivamente). Blatz (9) realizando el mismo procedimiento arenando con partícula de óxido de aluminio de 50 micrones y utilizando Panavia F® sin ningún tipo de silano logro valores promedio de 17.36 Mpa luego de 3 días de almacenamiento. En este mismo estudio se arenó, se silanizó la superficie y luego se aplicó Panavia F®, logrando luego de 3 días valores promedio de 20.14 Mpa, diferencia estadísticamente no significativa con respecto a la no utilización de silano. Wolfart (12) realizó arenado con óxido de aluminio de 50 micrones y utilizando Panavia F® logro valores más altos de 45.0 Mpa luego de 3 días de almacenamiento. Sin embargo existen autores que sugieren que el arenado puede ser dañino por la creación de microfracturas que reducen la resistencia de la cerámica de zirconio en un 20 a 30% (13), pero falta relacionar dichos efectos con la cantidad de presión ejercida durante el arenado Kern disminuyó la presión del arenado 0.05 – 0.25 Mpa y lo combinó con el uso de primers obteniendo valores de adhesión de 48.5 Mpa (14, 15).

En este estudio no se utilizó el arenado para analizar la posible acción química que producen los tratamientos ácidos sobre el zirconio. El grupo tratado con coral experimental mostró unos valores promedio muy similares a los logrados con ácido fluorhídrico, siendo 7.24 Mpa para Multilink® y 8.01 Mpa para RelyX U100®. Este grupo presenta cifras similares para ambos sistemas cementantes. Este grupo es comparable a uno de los grupos del estudio realizado por Phark (7) que utilizó la nueva sustancia de Nobel llamada Nobelbond®, la cual se aplicó sobre la cerámica de zirconio, se sometió a cocción en el horno, luego la mitad de los especímenes se arenaron con partículas de óxido de aluminio de 50 micrones y la otra mitad no se arenó; para la cementación se utilizó Unicem® de 3M (el cual presenta la misma composición que el Relyx U100®), logrando un valor promedio de resistencia a la fuerza de unión de 13.99 Mpa para los especímenes que fueron arenados y de 17.09 Mpa para los que no fueron arenados, luego de 3 días de almacenamiento en agua. Esta similitud es interesante teniendo en cuenta que el estudio de Phark no realizó silanización, razón por la cual pudo haber disminuído los valores levemente en este estudio. Es importante la retención mecánica que este tratamiento experimental crea, razón por la cual el comportamiento de ambos sistemas cementantes fue similar.

En este estudio se observó que al tratar la cerámica de zirconio con ácido nítrico 0.5 Normal por 5 minutos, se produjeron valores promedio de 4.34 Mpa para Multilink® (Ivoclar) y de 9.18 Mpa para RelyX U100® (3M), los cuales al compararlos con el tratamiento de ácido fluorhídrico muestran una gran similitud. Por esta razón se podría plantear este ácido como una opción de tratamiento de fácil uso y accesibilidad para su manejo en la clínica y el laboratorio.

Al realizar el tratamiento superficial de la cerámica de zirconio con ácido sulfúrico al 70% a 90°C por 5 minutos, se observaron valores promedio de 7.84 Mpa para RelyX U100® (3M) y de 4.63 Mpa para Multilink® (Ivoclar), los cuales fueron similares a los obtenidos con ácido fluorhídrico. El único estudio que reporta tratamiento superficial con este ácido a condiciones similares de temperatura fue el realizado por Kern (5) sobre In Ceram (ácido sulfúrico al 70% hirviendo por 120 segundos y luego tratado con Panavia®), el cual logró resultados en fuerza de adhesión de 18.5 N/mm<sup>2</sup>, desafortunadamente este valor no puede ser comparable con este estudio debido a la diferencia en las unidades manejadas. Kato (16) realizó un estudio en donde graba una cerámica feldespática con una combinación de ácido sulfúrico (6%) y ácido fluorhídrico (25%) (Stripit®), aplicado por 60 segundos, obteniendo un valor promedio de 23.7 Mpa, y al compararlo con el estudio se observa que es muy superior al logro con la cerámica de zirconio a pesar de la baja concentración y la temperatura ambiente al que se maneja.

Al comparar la resistencia media de unión al corte entre los grupos de zirconio, se observa que la cerámica tratada con los ácidos (fluorhídrico, sulfúrico y nítrico) y el coral experimental tuvieron unos valores superiores con respecto al grupo tratado únicamente con silano, con una diferencia estadísticamente significativa. También se observa una diferencia significativa entre el ácido sulfúrico y fluorhídrico.

En general para la cerámica de zirconio con los diferentes tratamientos superficiales se observa un mejor comportamiento en promedio del cemento Rely X U100® (3M) que el Multilink® (Ivoclar) con una diferencia estadísticamente significativa. Además al analizar la dispersión de los datos de ambos cementos se observa que tuvo un mejor comportamiento, más homogéneo el Rely X U100® que el Multilink®.

El RelyX U100® ha reemplazado al Rely X Unicem®, el cual presenta los mismos componentes pero ha mejorado su presentación. En estudios anteriores se ha demostrado el buen

comportamiento que tiene este cemento en la unión de resina con la cerámica de zirconio al someterlo a la prueba de resistencia de unión microtensil, sobretodo en los tratamientos superficiales que crean retención mecánica como el arenado a las 24 horas, con valores 11.44 Mpa, cuando no se ha realizado ningún tipo de tratamiento sobre la cerámica se han obtenido valores de 8.73 Mpa (17). Estos valores son mucho más altos que los encontrados en la presente investigación.

En la observación con microscopía electrónica de barrido de los aspectos morfológicos de la superficie de cerámica de zirconio tratada con diversos métodos, fue de gran interés visualizar el tratamiento de coral experimental debido a la formación de cráteres que ocasionó sobre la superficie del zirconio, dando una morfología similar al de un coral (Imagen 1). Esto permitió crear una retención mecánica con el cemento, lo cual se tradujo en unos valores importantes de resistencia de unión al corte dentro del grupo de cerámica de zirconio tratada. El espesor de capa de aproximadamente 7 micrones (Imagen 2) permitiría el uso de este tipo de tratamiento para la cementación, debido a que de acuerdo a lo reportado en los estudios el espacio estándar para los cementos es de aproximadamente 25 micrones, aunque en la clínica frecuentemente se encuentran espacios de 60 a 70 micrones. Este sería un tipo de tratamiento similar al estañado realizado para tratar el intaglio de restauraciones metálicas de Oro-Paladio o Plata-Paladio para mejorar la adhesión a los cementos de resina, el cual tiene un espesor aceptado de 3 a 5 micrones aproximadamente (18).

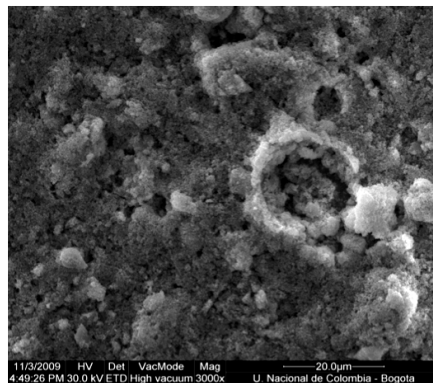


IMAGEN 1.

---

Aspecto del Zirconio recubierto con Coral experimental, obsérvese el aspecto microporoso y crateriforme

---

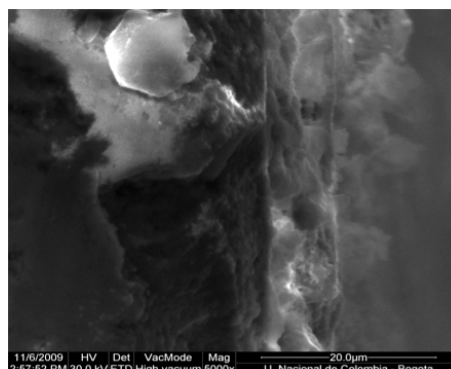


IMAGEN 2.

---

Corte del Zirconio recubierto de Coral exp.  
Obsérvese el espesor del coral experimental de aproximadamente 7 micrones

---

A la observación con el estéreo microscopio se observaron imágenes de fallas de tipo adhesivo en la cerámica para la cerámica de zirconio, sobretodo en el grupo tratado con ácido fluorhídrico y el coral experimental, evidencia que es de interés debido a que estos grupos fueron precisamente los que mejores valores presentaron en la prueba de resistencia de unión al corte (Imagen 3).

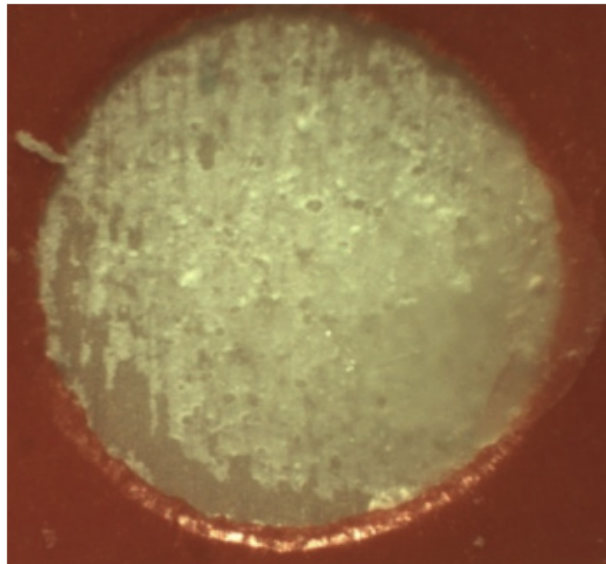


IMAGEN 3.

---

Cerámica de zirconio tratada con coral experimental. Falla de tipo adhesivo en la cerámica

---

Los tratamientos superficiales como el ácido nítrico a temperatura ambiente y coral experimental sobre la cerámica de zirconio, son una alternativa de fácil manipulación en el laboratorio y el consultorio para mejorar los valores de adhesión en la cementación de restauraciones de zirconio y para reparación de fracturas o delaminaciones de la superficie cerámica de recubrimiento.

La forma de utilización en el caso del coral experimental sería su aplicación en el intaglio de la cofia de cerámica de zirconio, una vez obtenida y probada en boca, para luego continuar con la colocación de cerámica de recubrimiento y una vez finalizada realizar el proceso de adhesión recomendado por la casa fabricante. En el caso del ácido nítrico al 0.5 Normal, se realizaría su aplicación por 5 minutos en el intaglio de la restauración de cerámica de zirconio una vez finalizada, para continuar con el proceso de adhesión recomendado por la casa fabricante.

Dentro de las recomendaciones para estudios subsiguientes se encontrarían el realizar análisis químicos del zirconio bajo diferentes tratamientos superficiales, aumentar el número de la muestra limitando el número de tratamientos superficiales sobre el zirconio, involucrar tratamientos de superficie del zirconio estandarizados como el Rocatec® y Cojet®, realizar estudios que evalúen el comportamiento de la fuerza de adhesión a largo plazo bajo condiciones como termociclado, entre la resina y la cerámica de zirconio tratada con diferentes tratamientos superficiales.

## CONCLUSIONES

1. El tratamiento de la cerámica de zirconio con el ácido fluorhídrico, el coral experimental, el ácido nítrico y el ácido sulfúrico afectó positiva y significativamente los valores en fuerza de adhesión, logrando los valores más altos dentro de los grupos de cerámica de zirconio tratada.
2. El ácido nítrico tuvo valores importantes en resistencia de unión al corte y es un método de fácil utilización en el consultorio y laboratorio.
3. El tratamiento con silano no afectó significativamente la fuerza de adhesión para la cerámica de zirconio, por lo tanto no es necesaria su aplicación sobre la cerámica de zirconio tratada para mejorar los valores de adhesión.
4. El cemento RelyX U100® - 3M tuvo un comportamiento significativamente superior al de Multilink® – Ivoclar en todos los grupos de cerámica de zirconio.
5. Los tratamientos superficiales como el ácido fluorhídrico sometido a elevación de temperatura, ácido nítrico a temperatura ambiente y coral experimental sobre la cerámica de zirconio, son una alternativa para mejorar los valores de adhesión en la cementación de restauraciones de zirconio y para reparación de fracturas sobre la superficie cerámica.

## REFERENCIAS

1. [DERAND P, DERAND T](#). Bond strength of luting cements to zirconium oxide ceramics. *Int J Prosthodont* 2000; 13: 131–135.
2. [ABOUSHELIB M, MATINLINNA J, SALAMEH Z, OUNSI H](#). Innovations in bonding to zirconia-based materials: Part I. *Dental Mater* 2008; 24: 1268–1272.
3. [KUMBULOGLU O, LASSILA L, USER A, VALLITU P](#). Bonding of resin composite luting cements to zirconium oxide by two air particle abrasion methods. *Operative Dentistry* 2006;31(2):248–255.
4. [HAWLEY G](#). *The Condensed Chemical Dictionary*. 9th ed. New York: Van Nostrand Reinhold Company;1977.
5. [KERN M, NEIKES MJ, STRUB JR](#). Haftfestigkeit des Klebeverbundes auf In Ceram nachunterschiedlicher Oberflächenkonditionierung. *Dtsch Zahnarztl Z* 1991;46:758–761.
6. [OZCAN M, ALKUMURU H, GEMALMAZ D](#). The effect of Surface treatment on the shear bond strength of luting cement to a glass-infiltrated alumina ceramic. *The Int J Prosthodont* 2001;14:335–339.
7. [PHARK J, DUARTE S, BLATZ M, SADAN A](#). An in vitro evaluation of the long-term resin bond to a new densely sintered high-purity zirconium-oxide ceramic surface. *J Prosthet Dent* 2009;101:29–38.
8. [SHAHVERDI S, CANAY S, SHIN E, BILGE A](#). Effects of different surface treatment methods on the bond strength of composite resin to porcelain. *Journal of Oral Rehabilitation* 1998;25:699–705.

9. [BLATZ MARKUS](#), [SADAN A](#), [KERN M](#). Resin Ceramic bonding: a review of the literature J Prosthetic Dentistry 2003;89:268–274.
10. [PLUEDDEMANN E](#). Silane coupling agents. Plenum Press New York. 1982.
11. [KERN M](#), [WEGNER S](#). Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. Dent Mater 1998;14:64–71.
12. [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;23:45–50.
13. [ZHANG Y](#), [LAWN B](#), [MALAMENT K](#), [THOMPSON P](#), [REKOW D](#). Damage accumulation and fatigue life of particle abraded ceramics. Int J Prosthodont 2006;19:442–448.
14. [KERN M](#), [BARLOI A](#), [YANG B](#). Surface conditioning influences zirconia bonding. J Dent Res 2009;88(9): 817–822.
15. [KERN M](#), [SHAHIN R](#). Effect of air-abrasion on the retention of zirconia ceramic crowns luted with different cements before and after artificial aging. Dent Mater 2010;26(9): 922–928.
16. [KATO H](#), [MATSUMURA H](#), [ATSUTA M](#). Effect of etching and sandblasting on bond strength to sintered porcelain of unfilled resin. Journal of Oral Rehabilitation 2000;27:103–110.
17. [CASTILLO R](#), [MONTICELLI F](#), [TOLEDANO M](#), [OSORIO E](#), [FERRARI M](#), [OSORIO R](#). Effect of water aging on microtensile bond strength of dual cured resin cements to pre-treated sintered zirconium-oxide ceramics. Dent Mater 2009;25:392–399.
18. [ARAGÓN P](#), [CALVO N](#). Efectividad de cuatro tratamientos sobre una aleación de metal base sin berilio en la unión de una resina [tesis para optar título de Rehabilitador Oral] Sede Bogotá Universidad Nacional de Colombia. 2003