

Resistencia de unión al microcizallamiento en cerámicas feldespáticas acondicionadas con ácido fluorhídrico y sometidas a diferentes tiempos y métodos de remoción*

Bond strength to micro-shearing in feldspathic ceramics conditioned with hydrofluoric acid and subjected to different removal times and methods

Resistência de união por microcizalhamento de cerâmicas de feldspato condicionadas com ácido fluorídrico submetidas a diferentes tempos de remoção e métodos de remoção

 **Fátima Brunella Peralta Mas**^{1, a, b},
 **María Angélica Niño Osorio**^{1, a, b},
 **Pablo Armando Chávez Alayo**^{1, b, c},
 **John Alexis Dominguez**^{2, d, e}

¹ Universidad Peruana Cayetano Heredia, Facultad de Estomatología. Lima, Perú.

² Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, Brasil.

^a Cirujana dentista.

^b Especialista en Rehabilitación Oral.

^c Magíster en Estomatología con mención en Rehabilitación Oral.

^d Doctor en Odontología.

^e Especialista en Implantología.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la resistencia de unión mediante microcizallamiento en cerámicas feldespáticas a través de varios métodos de remoción de residuos del ácido fluorhídrico y diferentes tiempos de aplicación. **Materiales y métodos:** Estudio *in vitro*, en el que se aplicó ácido fluorhídrico al 9 % durante 1 minuto como tratamiento de superficie en discos de cerámica feldespática. Las muestras fueron divididas en cuatro grupos con tres diferentes tiempos de aplicación y sometidas a distintos métodos de remoción: spray de agua y aire; baño ultrasónico con agua destilada; ácido fosfórico al 37 % de forma activa, durante 1, 2 y 4 minutos cada grupo; y la combinación de ácido fosfórico al 37 %, aplicándolo de forma activa durante 1, 2 y 4 minutos, más baño ultrasónico con agua destilada durante 4 minutos. Se elaboraron cilindros de resina fluida que fueron colocados sobre los discos de cerámica. Se sometieron las muestras a pruebas de microcizallamiento en una máquina de ensayo semiuniversal. **Resultados:** La prueba de ANOVA de dos vías y la prueba *post hoc* de Tukey ($p < 0,05$) revelaron que el grupo de spray de agua durante 1 y 2 minutos y el de baño ultrasónico durante 4 minutos presentaron los valores de resistencia de unión más altos con una diferencia estadísticamente significativa. **Conclusiones:** El método de remoción de spray de agua por 1 y 2 minutos presentó el valor más alto de resistencia de unión, mientras que el más bajo lo presentó el método de remoción con ácido fosfórico al 37 % por 2 minutos.

Palabras clave: ácido fluorhídrico; cerámica; resistencia al corte; remoción de contaminantes; agua destilada.

Recibido: 13-11-2023

Aceptado: 18-11-2024

En línea: 31-03-2025



Artículo de acceso abierto

© Los autores

© Revista Estomatológica Herediana

Citar como:

Peralta FB, Niño MA, Chávez PA, Dominguez JA. Resistencia de unión al microcizallamiento en cerámicas feldespáticas acondicionadas con ácido fluorhídrico y sometidas a diferentes tiempos y métodos de remoción. Rev Estomatol Herediana. 2025; 35(1): 7-13. DOI: 10.20453/reh.v35i1.6324

* El presente artículo fue elaborado a partir de la tesis de María Angélica Niño Osorio y Fátima Brunella Peralta Mas para obtener el título profesional de segunda especialidad en Rehabilitación Oral por la Universidad Peruana Cayetano Heredia.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the micro-shearing bond strength in feldspathic ceramics through various methods of hydrofluoric acid residue removal and different application times. **Materials and methods:** An *in vitro* study in which 9% hydrofluoric acid was applied for 1 minute as a surface treatment on feldspathic ceramic discs. The samples were divided into 4 groups with 3 different application times and subjected to different removal methods: water and air spray; ultrasonic bath with distilled water; active application of 37% phosphoric acid for 1, 2, and 4 minutes; and a combination of 37% phosphoric acid actively applied for 1, 2, and 4 minutes followed by an ultrasonic bath with distilled water for 4 minutes. Cylinders of flowable resin were prepared and placed on the ceramic discs. Samples were subjected to micro-shear tests on a semi-universal testing machine. **Results:** The two-way ANOVA test and Tukey's *post-hoc* test ($p < 0.05$) revealed that the water spray group at 1 and 2 minutes, and the ultrasonic bath at 4 minutes showed the highest bond strength values with a statistically significant difference. **Conclusions:** The water spray removal method for 1 and 2 minutes showed the highest bond strength value, while the lowest was observed with the 37% phosphoric acid removal method for 2 minutes.

Keywords: hydrofluoric acid; ceramics; shear strength; contaminant removal; distilled water.

RESUMO

Objetivo: Avaliar a resistência de união por microcisalhamento de cerâmicas de feldspato por meio de vários métodos de remoção de resíduos de ácido fluorídrico e tempos diferentes de aplicação. **Materiais e métodos:** Estudo *in vitro*, no qual o ácido fluorídrico a 9% foi aplicado por 1 minuto como tratamento de superfície em discos de cerâmica de feldspato. As amostras foram divididas em 4 grupos com 3 tempos de aplicação diferentes e submetidas a diferentes métodos de remoção: spray de água e ar; banho ultrassônico com água destilada; ácido fosfórico a 37% aplicado ativamente por 1, 2 e 4 minutos em cada grupo; e a combinação de ácido fosfórico a 37%, aplicado ativamente por 1, 2 e 4 minutos, mais banho ultrassônico com água destilada por 4 minutos. Foram feitos cilindros de resina fluida e colocados sobre os discos de cerâmica. As amostras foram submetidas a testes de microcisalhamento em uma máquina de testes semi-universal. **Resultados:** A ANOVA de duas vias e o teste *post-hoc de Tukey* ($p < 0,05$) revelaram que o grupo de spray de água em 1 e 2 minutos e o banho ultrassônico em 4 minutos apresentaram os maiores valores de resistência de união com diferença estatisticamente significativa. **Conclusões:** O método de remoção com spray de água por 1 e 2 minutos apresentou o maior valor de resistência de união, enquanto o menor foi apresentado pelo método de remoção com ácido fosfórico a 37% por 2 minutos.

Palavras-chave: ácido fluorídrico; cerâmica; resistência ao cisalhamento; remoção de contaminantes; água destilada.

INTRODUCCIÓN

En la odontología moderna, la demanda estética de los pacientes ha aumentado, lo que ha conllevado el uso de nuevos materiales que buscan brindar naturalidad, estética y confort al paciente. Por ello, el uso de materiales cerámicos es una alternativa que se ha convertido en uno de los tratamientos más solicitados, de modo que es importante conocer los tipos que existen en el mercado y sus propiedades (1). Gracis et al. (2) determinaron una nueva clasificación de las cerámicas dentales en tres categorías: con matriz vítrea, policristalinas y con matriz de resina. La cerámica feldespática se encuentra dentro del

grupo de cerámicas con matriz vítrea, y posee una alta translucidez que le otorga mejores propiedades ópticas, las cuales se traducen en una mayor satisfacción estética del paciente.

Además de las propiedades ópticas, también encontramos las propiedades mecánicas, por lo que, para lograr una correcta adhesión, se necesita crear microrretencciones en la superficie de la cerámica feldespática. Este tratamiento se logra a través del grabado con ácido fluorhídrico que disolverá de manera selectiva la fase vítrea, generando desechos producto de la reacción de fluorsilicatos de sodio, potasio, calcio y aluminio (3, 4).

Asimismo, se crean microporos que influirán significativamente en la adhesión mecánica de los materiales resinosos y permitirán la conexión con el sistema adhesivo y, posteriormente, con los polímeros de baja viscosidad que se encuentran en los cementos resinosos, mientras optimiza la humectabilidad de la superficie, lo cual promoverá un mejor contacto entre la resina y la cerámica (3, 4). Además, las áreas acondicionadas con el ácido disminuyen la tensión superficial de la superficie permitiendo que el sistema adhesivo tenga una mayor superficie de contacto y así potenciar la adhesión a las resinas (4).

El grabado ácido, además de crear microrrugosidades, genera precipitados en la superficie de la cerámica. La cantidad de estos residuos estará relacionada con el tipo, el tiempo y la concentración del ácido, teniendo un impacto negativo en la fuerza de unión, ya que interfieren en la penetración del sistema adhesivo (1). Ante esta problemática, Canay et al. (5) observaron que la superficie de cerámicas feldespáticas grabadas con ácido fluorhídrico al 9,5 % por 1 minuto mostró adecuada microrrugosidad y menor cantidad de precipitados residuales en comparación con las grabadas durante 4 minutos. Estos residuos que quedan inmersos en la superficie son sales sílico-fluoradas que interfieren en el proceso de adhesión (6).

Al ver la gran importancia que tiene la eliminación de las sales residuales, se desarrollaron diferentes métodos para su realización. Steinhäuser et al. (7) probaron la eficacia de distintos procedimientos (ácido fosfórico, baño ultrasónico y espray de agua) en cerámicas feldespáticas, posterior al grabado con ácido fluorhídrico al 10 %, y no encontraron diferencia significativa con respecto a la fuerza de unión; sin embargo, en los grupos control y espray de agua se encontraron restos de sales inmersas en la superficie, además, se consiguieron resultados más eficientes en los grupos tratados con baño ultrasónico luego de la aplicación de ácido fluorhídrico. Resultados similares se observaron en el estudio de Martins et al. (8), quienes encontraron que el uso de baño ultrasónico con agua destilada durante 4 minutos fue el método de remoción más eficaz.

Por otro lado, en cuanto al uso de ácido fosfórico, Chávez (9) concluyó que su administración al 37 %, independientemente del tipo, método y tiempo de aplicación, disminuye la resistencia de unión de la cerámica feldespática acondicionada con ácido fluorhídrico.

Por ello, este estudio busca conocer si con la disminución del tiempo y la simplificación de los diferentes métodos de limpieza de superficies cerámicas se consiguen óptimos resultados en la adhesión de las restauraciones. Es así que el objetivo fue evaluar *in vitro* la resistencia de unión mediante microcizallamiento en cerámicas feldespáticas

a través de varios métodos de remoción de residuos del ácido fluorhídrico y tiempos de aplicación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio *in vitro* donde se estableció el tamaño de la muestra a través de una prueba piloto utilizando como base la tesis *Resistencia de unión al microcizallamiento de una cerámica feldespática acondicionada con ácido fluorhídrico sometida a la aplicación de ácido fosfórico como técnica de remoción según tipo, método y tiempo*. Estudio *in vitro*, de Chávez (9). A dicha prueba se le aplicó la fórmula estadística de comparación de medias utilizando el programa Epidat 4.0. Debido a las características de esta investigación *in vitro*, no fue necesaria la evaluación por un Comité de Ética.

Elaboración de los discos de cerámica

Se elaboraron 48 discos de cerámica feldespática (IPS Classic®, Vivadent; Schaan, Liechtenstein) de color dentina 210, con unas medidas primarias de 2,6 mm de altura y 12,5 mm de diámetro. Al ser sinterizados en un horno para porcelana (Pro 200 Series Furnace, Whip Mix®; KY, EE. UU.), se contrajeron un 20 %, obteniendo discos de 2 mm de altura y 10 mm de diámetro. Por último, se pulieron con lijas de agua nuevas de 10 x 10 cm a diferentes granos.

Los discos de cerámica feldespática fueron introducidos y fijados en el interior de un tubo de PVC (Matusita®, Tigre SA, Lima, Perú), cuyas dimensiones eran de 10 mm de diámetro y 20 mm de alto. Las muestras fueron fijadas con acrílico de autocurado transparente (Vitacryl®, A. Tarrillo Barba SA; Lima, Perú) y se sujetaron con cinta adhesiva de doble contacto (Topex®; Lima, Perú). Se lijaron las muestras frotando 10 veces de extremo a extremo con lijas de aguas nuevas de 10 x 10 cm para eliminar cualquier tipo de residuo de acrílico.

Acondicionamiento de la cerámica

Los discos de cerámica feldespática fueron acondicionados con ácido fluorhídrico al 9 % (Porcelain Etch™, Ultradent™; Utah, EE. UU.) por 1 minuto. Inmediatamente después, se retiró el ácido con un chorro de agua por 20 segundos y se secaron suavemente con un chorro de aire por 20 segundos más.

Métodos y tiempos de remoción

Los discos se dividieron en cuatro grupos con tres diferentes tiempos de aplicación:

- **Grupo 1**, espray de agua (EA): Se aplicó espray de agua y aire con jeringa triple a una distancia de 10 mm y una angulación de 90° durante 1, 2 y 4 minutos.
- **Grupo 2**, baño ultrasónico (BU): Se sometieron las muestras a baño ultrasónico (Ultrasonic Cleaner, Codyson® CD-4800, China) con agua destilada durante 1, 2 y 4 minutos.
- **Grupo 3**, ácido fosfórico (AF): Se aplicó ácido fosfórico al 37 % (Ultra-Etch™, Ultradent™; Utah, EE. UU.) frotando activamente con una microbrocha durante 1, 2 y 4 minutos.
- **Grupo 4**, ácido fosfórico + baño ultrasónico (AF+BU): Se aplicó ácido fosfórico al 37 % (Ultra-Etch™; Ultradent™; Utah, EE. UU.) frotando activamente con una microbrocha durante 1, 2 y 4 minutos, luego se aplicó baño ultrasónico con agua destilada por 4 min.

Luego de cada método de remoción, las muestras de los grupos 2, 3 y 4 fueron lavadas con chorro de agua y secadas con chorro de aire de la jeringa triple a una distancia de 10 mm y una angulación de 90° durante 20 segundos cada uno.

Aplicación de silano y sistema adhesivo en la cerámica

Se colocó silano (Silane, Ultradent™; Utah, EE. UU.) mediante una microbrocha sobre la superficie de los discos dejando secar por 60 segundos. Se aplicó aire de la jeringa triple durante 15 segundos y luego se colocó una capa de adhesivo (Adper Single Bond 2, 3M™ Espe™; St. Paul, NM, EE. UU.) con una microbrocha mediante frotación. Finalmente, se polimerizó durante 20 segundos con lámpara de fotocurado LED con densidad de potencia de 1000 mW/cm² (VALO™ Cordless-Ultradent™; South Jordan, UT, EE. UU.).

Elaboración y colocación de cilindros de resina

Los cilindros de resina se confeccionaron usando un tygon (TYGON; EE. UU.), de 2 mm de altura y 0,8 mm de diámetro, y resina fluida (Filtek™ Z350 Flow, 3M™ Espe™; St. Paul, NM, EE. UU.), los cuales fueron colocados sobre los discos cerámicos y fotopolimerizados durante 20 segundos con una lámpara de fotoactivado LED de 1000 mW/cm² (VALO™ Cordless-Ultradent™; South Jordan, UT, EE. UU.), a una distancia de 2 mm entre los cilindros; además, estos fueron tapados con papel aluminio y debajo de los tubos de PVC se colocó una tela negra para que absorba la luz. Luego se retiró el recubrimiento de silicona de los tygons, cortándolo con una hoja de bisturí n.º 11.

Evaluación de resistencia de unión al microcizallamiento (en MPa)

Las muestras fueron guardadas por 1 día en suero fisiológico a temperatura ambiente. Las pruebas al microcizallamiento se ejecutaron en el laboratorio de materiales dentales de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, utilizando una máquina de ensayo semiuniversal (OM 100, Odeme® Dental Research; Brasil), para lo cual se usó un alambre de ortodoncia n.º 7 doblado en 8 (Morelli® Ortodontia; Brasil), con una célula de carga de 50 N, a una velocidad de 0,75 mm/min, hasta que ocurra la falla.

Plan de análisis

Se realizó un análisis descriptivo para conseguir los promedios y la desviación estándar de la resistencia según los grupos evaluados. La normalidad de los datos se analizó con la prueba D'Agostino. Se realizó el análisis bivariado con la prueba de ANOVA de dos vías y la prueba *post hoc* de Tukey. La investigación asumió un nivel de confianza de 95 % ($p < 0,05$).

RESULTADOS

En este estudio, se buscó determinar los valores de resistencia de unión después de la limpieza del ácido fluorhídrico en tres diferentes tiempos (1, 2 y 4 minutos) con cuatro métodos (EA, BU, AF y AF + BU).

Se compararon los diferentes métodos de limpieza con cada tiempo, y se encontró que el mayor valor de resistencia de unión al 1 minuto lo tiene el grupo EA (11,79±4,70 MPa); a los 2 minutos lo tienen los grupos EA (11,63±4,04 MPa) y AF+BU (8,82±3,01 MPa); y a los 4 minutos lo tiene el grupo BU (9,46±4,38 MPa) ($p = 0,028$).

Según el tiempo utilizado con cada método de limpieza, se obtuvieron los valores más altos al 1 minuto (11,79±4,70 MPa) y a los 2 minutos (11,63±4,04 MPa) con EA; y a los 4 minutos con BU (9,46±4,38 MPa). Las técnicas AF y AF+BU no presentaron mejores resultados en sus valores de resistencia de unión al microcizallamiento en ninguno de los tiempos utilizados. Por tanto, las técnicas de EA durante 1 y 2 minutos, BU por 4 minutos y AF+BU por 2 minutos tuvieron los valores más altos y, estadísticamente, más significativos, en comparación con los demás grupos y tiempos estudiados ($p = 0,015$) (tabla 1).

Tabla 1. Valores de la resistencia de unión al microcizallamiento (en MPa) en cerámicas feldespáticas según el tipo y el tiempo de diferentes métodos de remoción de los residuos de ácido fluorhídrico.

Grupos	Tiempo		
	1 min	2 min	4 min
EA	11,79±4,70 ^{Aa}	11,63±4,04 ^{Aa}	6,63±3,29 ^{Bb}
BU	7,18±2,76 ^{Bb}	7,66±2,31 ^{Bb}	9,46±4,38 ^{Aa}
AF	7,10±3,39 ^{Ab}	5,98±3,36 ^{Ab}	6,08±3,12 ^{Ab}
AF+BU	6,81±2,94 ^{Ab}	8,82±3,01 ^{Aa}	6,62±3,82 ^{Ab}

*Normalidad de datos: prueba D'Agostino; análisis bivariado: prueba ANOVA de dos vías y prueba *post hoc* de Tukey; nivel de confianza de 95 % ($p < 0,05$).

Letras mayúsculas diferentes denotan diferencia significativa en forma horizontal; letras minúsculas diferentes denotan diferencia significativa en forma vertical.

EA: spray de agua; BU: baño ultrasónico; AF: ácido fosfórico.

DISCUSIÓN

El grabado de vitrocerámicas dentales con ácido fluorhídrico es un procedimiento crucial para optimizar la adhesión entre la cerámica y la futura restauración. Asimismo, la concentración del ácido y el tiempo de grabado son factores determinantes para la formación de una superficie microrretentiva que aumenta la fuerza de unión del sustrato. Sin embargo, la aplicación de ácido fluorhídrico genera una cantidad significativa de residuos en la superficie de las cerámicas, por lo que la remoción de dichos residuos es fundamental para mejorar la adhesión de los materiales cerámicos (5, 10-13).

Al comparar los resultados del estudio de Steinhäuser et al. (7) con la presente investigación, se observa que los valores conseguidos en aquel fueron más altos, lo cual puede estar relacionado a que utilizaron mayor tiempo y concentración de grabado de ácido fluorhídrico (10 % durante 2 minutos), mientras que en nuestro estudio se empleó la concentración al 9 % durante 1 minuto. Por lo tanto, mayor concentración y tiempo de grabado conseguirían aumentar las microrretenciones y mejorar la adhesión con los materiales resinosos.

Otra diferencia es que, para lijar las cerámicas, Steinhäuser et al. (7) emplearon un pulidor eléctrico con agua, obteniendo una superficie más lisa, uniforme y libre de residuos de la lija, a diferencia de este estudio que se realizó de manera manual. Además, concluyeron que no existe diferencia estadísticamente significativa entre sus grupos analizados, mientras que en nuestra investigación se muestran cuatro grupos con resultados superiores (EA por 1 y 2 minutos, BU por 4 minutos y

AF+BU por 2 minutos) en comparación con los demás métodos estudiados a diferentes tiempos de aplicación. Esto a pesar de que en el estudio mencionado también evaluaron la resistencia al microcizallamiento en cerámica feldespática, tratada con los mismos métodos de remoción: spray de agua y aire, baño ultrasónico con agua destilada, ácido fosfórico al 37 %, y ácido fosfórico al 37 % con baño ultrasónico).

Sağlam et al. (14) evaluaron la resistencia al microcizallamiento comparando diferentes tratamientos de superficie (ácido fluorhídrico, arenado con óxido de aluminio y revestimiento de sílice) en tres tipos de cerámicas (cerámica feldespática, disilicato de litio y zirconio reforzado CAD-CAM). Obtuvieron mejores resultados comparados con los demás métodos aplicados haciendo uso de ácido fluorhídrico al 5 % por 1 minuto en cerámica feldespática y realizando la limpieza con baño ultrasónico con agua destilada por 5 minutos. Estos resultados coinciden con la presente investigación, ya que el baño ultrasónico también obtuvo un valor alto de resistencia de unión.

Martins et al. (8) estudiaron el efecto de diferentes métodos de limpieza después del grabado con ácido fluorhídrico al 10 % en bloques de cerámica feldespática (Vita VM7®), los cuales se cementaron a bloques de resina compuesta (W3D Master®) con cemento resinoso (RelyXTM ARC). Ellos encontraron que la limpieza ultrasónica en agua destilada por 4 minutos constituyó el grupo con el valor más alto de resistencia de unión (18,8±0,4 MPa). Los resultados fueron comparables con el presente estudio, donde el método de remoción con baño ultrasónico durante 4 minutos fue el grupo que obtuvo el valor más alto (9,46±4,38 MPa), con diferencia estadísticamente significativa en comparación a 1 y 2 minutos. Asimismo, se observa que la media en el estudio de Martins et al. (8) fue mayor que la obtenida en nuestro estudio, lo cual puede deberse a que utilizaron bloques en lugar de discos, y cemento resinoso en vez de resina fluida.

Belli et al. (3), Steinhäuser et al. (7) y Moura et al. (15) compararon diferentes métodos de remoción de ácido fluorhídrico sobre distintos tipos de cerámicas, coincidiendo en el análisis de ácido fosfórico al 37 % por 1 minuto. Concluyeron que la limpieza de la superficie con ácido fosfórico no influyó en la fuerza de unión de la resina con la cerámica feldespática. Entre ellos, Steinhäuser et al. (7) mencionan que en el grupo que se usó solo ácido fosfórico se observaron manchas oscuras a baja magnificación, que podrían ser residuos del ácido que no se limpiaron con agua, y que a mayor magnificación se vio una superficie granular o con aspecto de arena, como un sobregrabado; sin embargo, esto no influyó en los valores de microcizallamiento. Estos resultados son similares a los presentados en nuestra investigación, ya que el uso de ácido fosfórico como método

de remoción fue el grupo que obtuvo los valores más bajos con respecto a los demás grupos.

Un estudio realizado por Magne y Cascione (16) demostró la importancia del uso de ultrasonido como método complementario de limpieza, ya que se reveló, mediante microscopía óptica, una cantidad significativa de residuos blancos en las porcelanas feldespáticas como resultado del grabado con ácido fluorhídrico; por ello, estas se limpiaron con ácido fosfórico al 37,5 % durante 1 minuto, dando como resultado la eliminación de los residuos cristalinos. Sin embargo, al análisis con microscopio electrónico de barrido, dichas muestras solo revelaron depósitos microscópicos que aún contaminaban la superficie grabada, los cuales fueron eliminados eficientemente después de la limpieza ultrasónica.

En 2010, Belli et al. (3) evaluaron la resistencia de unión de una resina a dos tipos de cerámicas (cerámica reforzada con leucita y disilicato de litio), utilizando diferentes técnicas de limpieza posteriores al grabado con ácido fluorhídrico al 10 % durante 60 y 20 segundos. Los grupos fueron los siguientes: sin limpieza; spray de agua por 30 segundos; ácido fosfórico al 37 % por 1 minuto (no activo) y lavado con agua durante 30 segundos; baño ultrasónico con agua destilada durante 5 minutos; grabado con ácido fosfórico por 1 minuto con lavado con agua por 30 segundos y con baño ultrasónico por 5 minutos. Encontraron que el grupo que obtuvo resultados más altos con respecto a la resistencia de unión en cerámica reforzada con leucita fue el grabado con ácido fosfórico con baño ultrasónico (74,1±10,9 MPa); sin embargo, los demás grupos no fueron estadísticamente diferentes, con excepción del grupo control. Estos resultados y los nuestros evidencian que el baño ultrasónico junto con

el ácido fosfórico mejoran la remoción de los residuos de ácido fluorhídrico.

Finalmente, Sriamporn et al. (17) investigaron el efecto de los agentes neutralizantes en la resistencia adhesiva al cizallamiento de la cerámica feldespática grabada con ácido fluorhídrico al 9 % en condiciones de envejecimiento y sin envejecimiento. Concluyeron que los valores de resistencia de unión al cizallamiento entre la porcelana grabada con ácido fluorhídrico y spray de agua (19,44±3,54 MPa), el grabado con ácido fluorhídrico y agentes neutralizantes, y el grabado con ácido fluorhídrico y baño ultrasónico por 10 minutos (20,69±3,17 MPa) no fueron significativamente diferentes bajo las condiciones mencionadas. Al igual que en nuestro estudio, el spray de agua y el baño ultrasónico fueron los métodos de remoción que obtuvieron los resultados más altos para eliminar los residuos de ácido fluorhídrico.

Una posible limitación de la presente investigación fue el tipo de agua utilizada, ya que uno de los elementos que otros estudios reportan es el agua destilada, mientras que en este estudio se usó agua potable proveniente de la unidad dental, la cual tendría contaminantes que podrían afectar el proceso de adhesión; sin embargo, aun así, se acerca a la realidad.

CONCLUSIÓN

Los mayores valores de resistencia de unión en cerámicas feldespáticas se obtienen utilizando los métodos de remoción de los residuos de ácido fluorhídrico como spray de agua durante 1 minuto y baño ultrasónico por 4 minutos.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Financiamiento:

Autofinanciado.

Aprobación de ética:

No fue necesaria la evaluación de un Comité de Ética por tratarse de un estudio *in vitro*.

Contribución de autoría:

FBPM, MANO: conceptualización, investigación, recursos, visualización, redacción de borrador original, redacción (revisión y edición).

PACA: conceptualización, administración del proyecto, supervisión, validación.

JAD: metodología, curación de datos, análisis formal, supervisión, validación.

Correspondencia:

Fátima Brunella Peralta Mas

✉ Fatima.peralta@upch.pe

REFERENCIAS

1. Moravej-Salehi E, Moravej-Salehi E, Valian A. Surface topography and bond strengths of feldspathic porcelain prepared using various sandblasting pressures. *J Investig Clin Dent* [Internet]. 2016; 7(4): 347-354. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jicd.12171>
2. Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, Silva NR, Bonfante EA. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *Int J Prosthodont* [Internet]. 2015; 28(3): 227-235. Disponible en: <https://www.quintessence-publishing.com/usa/en/article/849659/the-international-journal-of-prosthodontics/2015/03/a-new-classification-system-for-all-ceramic-and-ceramic-like-restorative-materials>
3. Belli R, Guimarães JC, Filho AM, Vieira LC. Post-etching cleaning and resin/ceramic bonding: microtensile bond strength and EDX analysis. *J Adhes Dent* [Internet]. 2010; 12(4): 295-303. Disponible en: <https://doi.org/10.3290/j.jad.a17709>
4. Amaral R, Ozcan M, Bottino MA, Valandro LF. Resin bonding to a feldspar ceramic after different ceramic surface conditioning methods: evaluation of contact angle, surface pH, and microtensile bond strength durability. *J Adhes Dent* [Internet]. 2011; 13(6): 551-560. Disponible en: <https://doi.org/10.3290/j.jad.a19815>
5. Canay S, Hersek N, Ertan A. Effect of different acid treatments on a porcelain surface. *J Oral Rehabil* [Internet]. 2001; 28(1): 95-101. Disponible en: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2842.2001.00626.x>
6. Onisor I, Rocca GT, Krejci I. Micromorphology of ceramic etching pattern for two CAD-CAM and one conventional feldspathic porcelain and need for post-etching cleaning. *Int J Esthet Dent* [Internet]. 2014; 9(1): 54-69. Disponible en: <https://www.quintessence-publishing.com/deu/en/article/852158>
7. Steinhäuser HC, Turssi CP, Franca FM, Amaral FL, Basting RT. Micro-shear bond strength and surface micromorphology of a feldspathic ceramic treated with different cleaning methods after hydrofluoric acid etching. *J Appl Oral Sci* [Internet]. 2014; 22(2): 85-90. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/1678-775720130339>
8. Martins ME, Leite FP, Queiroz JR, Vanderlei AD, Reskalla HN, Ozcan M. Does the ultrasonic cleaning medium affect the adhesion of resin cement to feldspathic ceramic? *J Adhes Dent* [Internet]. 2012; 14(6): 507-509. Disponible en: <https://doi.org/10.3290/j.jad.a28625>
9. Chávez PA. Resistencia de unión al microcizallamiento de una cerámica feldespática acondicionada con ácido fluorhídrico sometida a la aplicación de ácido fosfórico como técnica de remoción según tipo, método y tiempo. Estudio *in vitro* [tesis de maestría en Internet]. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2019. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12866/7065>
10. Addison O, Marquis PM, Fleming GJ. The impact of hydrofluoric acid surface treatments on the performance of a porcelain laminate restorative material. *Dent Mater* [Internet]. 2007; 23(4): 461-468. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2006.03.002>
11. Reston EG, Filho SC, Arossi G, Cogo RB, Rocha CS, Closs LQ. Repairing ceramic restorations: final solution or alternative procedure? *Oper Dent* [Internet]. 2008; 33(4): 461-466. Disponible en: <https://doi.org/10.2341/07-151>
12. Sundfeld Neto D, Naves LZ, Costa AR, Correr AB, Consani S, Borges GA, et al. The effect of hydrofluoric acid concentration on the bond strength and morphology of the surface and interface of glass ceramics to a resin cement. *Oper Dent* [Internet]. 2015; 40(5): 470-479. Disponible en: <https://doi.org/10.2341/14-133-1>
13. Yadav S, Upadhyay M, Borges GA, Roberts WE. Influence of ceramic (feldspathic) surface treatments on the micro-shear bond strength of composite resin. *Angle Orthod* [Internet]. 2010; 80(4): 765-770. Disponible en: <https://meridian.allenpress.com/angle-orthodontist/article/80/4/765/59133/Influence-of-ceramic-feldspathic-surface>
14. Sağlam G, Cengiz S, Köroğlu A, Şahin O, Velioglu N. Comparison of the micro-shear bond strength of resin cements to CAD/CAM glass ceramics with various surface treatments. *Materials* [Internet]. 2023; 16(7): 2635. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ma16072635>
15. Moura DM, Araújo AM, Souza KB, Veríssimo AH, Tribst JP, Souza RO. Hydrofluoric acid concentration, time and use of phosphoric acid on the bond strength of feldspathic ceramics. *Braz Oral Res* [Internet]. 2020; 34: e018. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2020.vol34.0018>
16. Magne P, Cascione D. Influence of post-etching cleaning and connecting porcelain on the microtensile bond strength of composite resin to feldspathic porcelain. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2006; 96(5): 354-361. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2006.09.007>
17. Sriamporn T, Kraisintu P, See LP, Swasdison S, Klaisiri A, Thamrongananskul N. Effect of different neutralizing agents on feldspathic porcelain etched by hydrofluoric acid. *Eur J Dent* [Internet]. 2019; 13(1): 75-81. Disponible en: <https://doi.org/10.1055/s-0039-1688535>