

Evaluación de la resistencia de unión entre dientes acrílicos y reparos en resina acrílica: Efecto de diferentes tratamientos de superficie

Bond Strength Assessment Between Acrylic Teeth and Acrylic Resin Repairs: Effect of Different Surface Treatments

Muñoz M.T. DDS, MSc¹; Ruales E. DDS²; Prates L.H.M. DDS, MSc, PhD³; Volpato C.A.M. DDS, MSc, PhD⁴

1. Maestría en Prótesis, Universidad Federal de Santa Catarina, Programa de Pos-Graduación en Odontología, Universidad Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.
2. Estudiante de Maestría en Implantología, Programa de Pos-Graduación en Odontología, Universidad Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.
3. Departamento de Odontología, Disciplina de Materiales Dentales, Universidad Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.
4. Universidad Federal de Santa Catarina, Departamento de Odontología, Programa de Pos-Graduación en Odontología.

Autor para correspondencia: Dra. Volpato C.A. M. - claudia.m.volpato@ufsc.br

Recibido: 9-VI-2016

Aceptado: 10-VI-2016

Publicado Online First: 13-VI-2016

DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/ijds.v0i0.25035>

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue comparar la resistencia de unión entre dientes de resina acrílica y reparos en resina acrílica químicamente activada, después de diferentes tratamientos de superficie. Fueron seleccionados setenta y dos dientes antero superiores de resina acrílica (MFT, Vita, Alemania). Los especímenes fueron distribuidos aleatoriamente en seis grupos ($n=12$): G1-C: sin tratamiento de superficie (control); G2-M: aplicación de monómero de metilmetacrilato (Jet, Clássico, Brasil); G3-A: aplicación de adhesivo a base de metilmetacrilato y metiletilcetona (Vitacoll, Vita, Alemania). Los grupos G4-OA, G5-OAM y G6-OAA fueron sometidos a microarenado con partículas de óxido de aluminio (Polidental, Wilson, SP/Brasil), siendo repetidos, respectivamente, los tratamientos de los grupos G1-C, G2-M y G3-A. Los especímenes fueron reparados con resina acrílica químicamente activada (Jet, Clássico, Brasil). Pruebas de resistencia de unión al cizallamiento fueron realizadas en una máquina de ensayos mecánicos (Instron 4444, MA/EUA). El análisis estadístico fue realizado con ANOVA 2 y prueba de Turkey ($p<0,05$). Los valores promedios de resistencia de unión al cizallamiento de los grupos G4-OA, G5-OAM y G6-OAA fueron significativamente mayores ($p<0,05$) a los de los grupos G1-C, G2-M e G3-A. La resistencia al cizallamiento del grupo G3-A fue significativamente más elevada ($p<0,05$) que la de los grupos G1-C e G2-M. Se concluyó que el tratamiento químico con agente adhesivo a base de metilmetacrilato y metiletilcetona mostró mejoras significativas en la resistencia de unión cuando las muestras no fueron microarenadas. El tratamiento de microarenado con partículas de óxido de aluminio presentó los mayores valores de resistencia de unión entre dientes artificiales y reparos de resina acrílica, independientemente de la aplicación o no de monómero o adhesivo.

PALABRAS CLAVE

Resina acrílica; Diente artificial; Resistencia de unión; Metilmetacrilato; Óxido de aluminio; Microarenado.

ABSTRACT

The aim of this study was to compare the shear bond strength between acrylic resin teeth and autopolymerizing acrylic resin repairs after different surface treatments. Seventy-two upper anterior acrylic resin denture teeth (MFT, Vita, Germany) were selected. Specimens were randomly assigned into six groups (n=12): G1-C, without surface treatment (control); G2-M, methylmethacrylate monomer (Jet, Clássico, Brazil) application; G3-A treatment with methylmethacrylate and metiletilcetone-based bonding agent (Vitacoll, Vita, Germany). The surface of G4-OA, G5-OAM and G6-OAA was airborne-particle abraded with aluminum oxide (Polidental, Wilson, Brazil); being repeated the treatments respectively of groups G1-C, G2-M e G3-A. All groups were then repaired with autopolymerizing acrylic resin (Jet, Clássico, Brazil). Shear bond strength test was performed using an universal testing machine (Instron 4444). Two-Way ANOVA and post hoc Tukey's analysis ($p<0,05$) were used for statistical comparison. The shear bond strengths of groups G4-OA, G5-OAM and G6-OAA were significantly higher ($p<0,05$) than that of groups G1-C, G2-M and G3-A. The shear bond strength of Group G3-A were significantly higher ($p<0,05$) than that of groups G1-C and G2-M. In conclusion, chemical treatments in combination with bonding agents showed significant improvements in bond strength without aluminum oxide treatment. More significantly, surface treatment with aluminum oxide particles resulted in the highest bond strength values for acrylic resin teeth repaired with autopolymerizing acrylic resin.

KEYWORDS

Acrylic resin; Artificial tooth; Shear strength; Methylmethacrylate; Aluminium oxide; Sandblasting.

INTRODUCCIÓN

En la historia de la Odontología, diversos materiales resinosos han sido utilizados para confeccionar bases de prótesis totales y parciales removibles, incluyendo productos a base de celulosa, fenol formaldeido, resinas vinílicas y vulcanite. Sin embargo, mencionados materiales presentaron una serie de problemas de tipo biológico, estético y mecánico que llevaron a su abandono (1). Para suplir tal deficiencia, por más de medio siglo, la resina acrílica de tipo polimetacrilado de metilo (PMMA) ha sido utilizada en la Odontología, siendo empleada de manera habitual para la confección de prótesis removibles totales y parciales (2, 3). Este material forma parte de un grupo de resinas sintéticas frecuentemente llamadas plásticas,

donde el monómero se compone básicamente de metilmetacrilato o metilmethacrilato asociado con hidroquinona (0,006%). La hidroquinona es un inhibidor de polimerización que garantiza su estabilidad al prevenir la polimerización no deseada durante su almacenamiento (4). La resina acrílica PMMA es el resultado de la reacción entre el polimetacrilado de metilo (polvo) y el metilmethacrilado (líquido) (5).

Sin embargo, a pesar de que la resina acrílica sea un material de uso consagrado en la Odontología, ella presenta diversas limitaciones. Uno de los problemas más frecuentes en la práctica clínica es la fractura de las prótesis, generalmente en la interface entre la base acrílica y el diente artificial (6, 7). Esta falla adhesiva (8, 9) está

íntimamente relacionada a la presencia de estrés excesivo durante la masticación, fatiga mecánica, caídas accidentales y también fallas de carácter laboratorial (10).

Al ocurrir este tipo de falla, la confección de una nueva prótesis demanda tiempo y costo para el paciente, por tal motivo, optar por una reparación de la misma puede resultar una excelente opción. Sin embargo, al momento de realizar la elección del material de reparación es importante considerar ciertos aspectos: simple de usar, corto tiempo de polimerización, alta resistencia y durabilidad, además de presentar estética apropiada, ser antialérgico y no causar distorsión de la prótesis existente (11, 12).

Dentro de los protocolos reportados para la reparación de estas fallas, diferentes métodos de condicionamiento de la superficie han sido descritos con la intención de aumentar la energía de superficie (13). Entre ellos se destacan las alteraciones mecánicas de superficie, incluyendo la asperización con instrumentos de rotación, microabrasión (10, 14-16) y laser (17, 18).

Por otro lado, la utilización de agentes químicos sobre la superficie a ser reparada, promueven la penetración y difusión de monómeros de resinas químicamente activadas en la base de la prótesis, aumentando la resistencia de unión entre resinas química y térmicamente activadas (19). Diferentes tratamientos químicos de la superficie han sido reportados, incluyendo condicionamientos a base de acetona y diclorometano (20), diclorometano y etil acetato (21) o metanoato de metilo y metil acetato (19), presentando mejoras respecto a la resistencia de unión entre las resinas acrílicas.

Otro factor a ser considerado al momento de realizar el reparo además del condicionamiento de la superficie es el tipo de diente que será utilizado ya que ha sido descrito que los dientes producidos a partir de resinas acrílicas convencionales

pueden alcanzar un mayor vínculo que aquellos con ligaciones cruzadas (22).

Considerando lo expuesto y tomando en cuenta la falta de uniformidad en las técnicas de reparo propuestas para prótesis totales y parciales removibles, junto al desarrollo de nuevos materiales, el objetivo de este trabajo fue evaluar la resistencia de unión de reparos confeccionados con resina acrílica térmicamente activada después de diferentes tratamientos de superficie. La hipótesis nula fue que los diferentes tratamientos de superficie en reparos confeccionados con resina acrílica químicamente activada sobre dientes prefabricados de resina acrílica térmicamente activada tendrían una resistencia de unión similar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio fueron utilizados 12 juegos de dientes prefabricados en resina acrílica (MFT, Vita, Bad Säckingen/Alemania), cada uno con seis dientes anteriores. La metodología empleada en el presente trabajo fue adaptada de estudios previamente consultados (11, 18, 20, 23). Inicialmente los dientes fueron embutidos individualmente en resina acrílica químicamente activada (Jet, Artigos odontológicos Clássico, SP/Brasil), con la ayuda de tubos de PVC (20mm de diámetro por 20 milímetros de altura). La resina acrílica químicamente activada fue manipulada de acuerdo a las indicaciones del fabricante y vertida lentamente en el interior de los tubos, aun en fase arenosa, para que las muestras no sean desplazadas de la posición central, hasta llenar completamente los tubos.

Después de la polimerización de la resina, las muestras fueron pulidas con lijas de carburo de silicio en granulaciones de 400, 600 y 1200 (Grão Grano, Alcar Abrasivos, SP/Brasil), bajo refrigeración con agua en una máquina de pulido (DP-10, Struers, Panambra Industrial e Técnica Ltda., SP/Brasil), durante 40 segundos en cuatro posiciones diferentes, siendo 10 segundos en cada posición.

Las 72 muestras fueron distribuidas aleatoriamente en seis grupos ($n=12$) de acuerdo con el tipo de tratamiento de superficie. G1-C correspondió al Grupo Control, en el que no fue realizado ningún tratamiento sobre la superficie; G2-M, al Grupo con aplicación de monómero; G3-A, al grupo con aplicación de agente adhesivo. En los grupos G4-OA, G5-OAM y G6-OAA fueron repetidos, respectivamente los tratamientos de los grupos G1-C, G2-M y G3-A, inmediatamente después de realizar el tratamiento de microarenado con partículas de óxido de aluminio.

En los grupos G4-OA, G5-OAM y G6-OAA, las superficies fueron sometidas a tratamiento de microarenado con partículas de óxido de aluminio de 45 μm (Polidental, Wilson, SP/Brasil), durante 10 segundos a una presión de 5kg/cm², por medio de un microarenador (F & F, Equipos médicos e odontológicos, SP/Brasil). La punta del microarenador fue posicionada perpendicularmente a la superficie cervical de la muestra y mantenida a una distancia de cerca de 1cm. En seguida, todos los especímenes fueron inmersos en agua destilada en baño ultrasónico (Ultrasonic Cleaner modelo 1440D, Odontobrás, SP/Brasil) durante 5 minutos para remoción de las partículas excedentes de óxido de aluminio. Despues, las superficies fueron secadas con chorros de aire libre de agua durante 10 segundos. Para la realización de los procedimientos de unión, papeles adhesivos circulares (Vulcano, RJ/Brasil), con 15mm de diámetro y un orificio central de 4mm de diámetro, fueron adheridos en el centro de las superficies de cada espécimen con la finalidad de delimitar las áreas donde sería efectuada la unión entre el diente de resina acrílica y el material reparador.

Las muestras de los grupos G1-C y G4-OA no fueron tratadas químicamente. Los dientes artificiales de los grupos G2-M y G5-OAM fueron tratados con monómero de metilmacrilato (Jet, Artigos odontológicos Clássico, SP/Brasil), aplicado en la región expuesta del diente durante 5 minutos.

En los grupos G3-A y G6-OAA, el tratamiento de las superficies delimitadas de los dientes fue con adhesivo a base de metacrilato de metilo y metiletilcetona (Vitacoll, Vita, Bad Säckingen/Alemania), también durante 5 minutos.

Para continuar con el procedimiento de unión, una matriz circular bipartida de teflón fue posicionada individualmente sobre la superficie de cada diente embutido en resina acrílica. La región central de la matriz circular de teflón, con una perforación de 4mm de diámetro por 2mm de altura, coincidía con el área demarcada por el papel adhesivo. Tal coincidencia fue posible por medio de la utilización de un dispositivo de fijación de acero inoxidable formado por dos partes, una base que permitía la adaptación del tubo de PVC que contenía el diente de resina y una porción superior donde fue adaptada la matriz de teflón para la confección del reparo.

Siguiendo la secuencia, mediante el uso de probetas de vidrio de 5ml (Laborglas ®, Brasil) y de una balanza de precisión (Bioprecisa, modelo FA2104N), se dosificó en peso la proporción recomendada de 2:1 (polímero:monómero) de la resina acrílica (Jet, Artigos odontológicos Clássico, SP/Brasil). Enseguida, la resina fue manipulada en un vaso de vidrio y antes de alcanzar su fase plástica, fue aplicada individualmente en el orificio de la matriz de teflón posicionado sobre el área delimitada del diente de resina acrílica.

Después de la polimerización, el dispositivo de fijación fue aflojado y el cuerpo de prueba removido, de este modo, los conjuntos fueron almacenados en agua destilada dentro de una estufa microbiológica (Quimis, Quimis Aparelhos Científicos Ltda., SP/Brasil) a 370 C.

Todos los conjuntos fueron llevados a una máquina de termociclado (Ética modelo 521-E, Ética Equip. Cient. S.A., SP/Brasil), con temperaturas de 5 y 55° C, permaneciendo por 30 segundos en

cada temperatura. Fueron realizados 500 ciclos durante el día y almacenados en agua destilada durante la noche en estufa microbiológica a 37º C hasta completar 1500 ciclos.

Los cuerpos de prueba fueron sometidos a pruebas de resistencia de unión al cizallamiento en una máquina universal de ensayos mecánicos (Instron 4444, MA/EUA), a una velocidad de 0,5mm/minuto. Para aquello, cada cuerpo de prueba fue posicionado en una base mecánica instalada en la máquina de ensayos, siendo aplicada una carga con punta activa en forma de cuña, paralela y yuxtapuesta a la interface adhesiva, hasta la fractura o desplazamiento del cilindro de resina acrílica, momento en el que el valor máximo de resistencia fue registrado para cada cuerpo de prueba.

Inmediatamente los valores individuales, registrados en newtons (N), fueron relacionados con las áreas de unión (mm²) y expresados en megapascales (MPa). Después de la realización de los ensayos de cizallamiento, dos muestras de cada grupo fueron seleccionadas aleatoriamente con carácter ilustrativo, con la intención de visualizar el tipo de falla encontrada en la superficie de las mismas. De este modo, las muestras fueron evaluadas a través de microscopio electrónico de barrido (MEB) - (XL-30, Philips), una vez concluidas las pruebas mecánicas. La evaluación en MEB fue realizada con aumentos de 15, 250, 500 y 1000x.

RESULTADOS

Los valores promedio de cada uno de los grupos con sus respectivos desvíos estándar están presentados en la tabla 1 e ilustrados en la figura 2. Después de la aplicación de ANOVA a dos criterios y pruebas de comparación múltiple de Turkey (5%),

fueron establecidas las siguientes similitudes y diferencias: sin tratamiento de superficie con microarenado de partículas de óxido de aluminio, el adhesivo Vitacoll (G3-A) proporcionó la mayor resistencia de unión, estadísticamente superior a la de los grupos control G1-C ($P=0,000133$) y con aplicación de monómero G2-M ($P=0,004497$), que fueron estadísticamente similares entre sí ($P=0,411058$).

El tratamiento de las superficies con microarenado de partículas de óxido de aluminio proporcionó mayor resistencia de unión, estadísticamente superior a los grupos sin aplicación del mismo, independiente del condicionamiento utilizado. Entre los grupos G1-C y G4-OA ($P=0,000130$), entre los grupos con aplicación de monómero G2-M y G5-OAM ($P=0,000130$) y con aplicación de adhesivo G3-A y G6-OAA ($P=0,000130$).

Los grupos con las superficies microarenadas con partículas de óxido de aluminio presentaron una resistencia de unión estadísticamente similares. Entre los grupos G4-OA y G5-OAM ($P=0,719418$), G4-OA e G6-OAA ($P=0,757011$) y entre los grupos G5-OAM y G6-OAA ($P=1,000000$).

Tabla 1. Valores promedio de resistencia de unión al cizallamiento (Mpa) en los seis grupos de estudio.

| Condicionamiento | Tratamiento de superficie | |
|------------------|---------------------------|--------------------------|
| | Sin Óxido de Aluminio | Con Óxido de Aluminio |
| Control | 3,86 (1,10) Aa | 13,73 (2,04) Ab |
| Monómero | 5,28 (1,07) Aa | 12,69 (2,85) Ab |
| Adhesivo | 8,08 (1,49) Ba | 12,73 (1,66) Ab |

*Letras mayúsculas distintas en una misma columna o minúsculas distintas en una misma línea son estadísticamente diferentes, de acuerdo a la prueba de Turkey ($p<0,05$).

*Desvío padrón entre paréntesis.

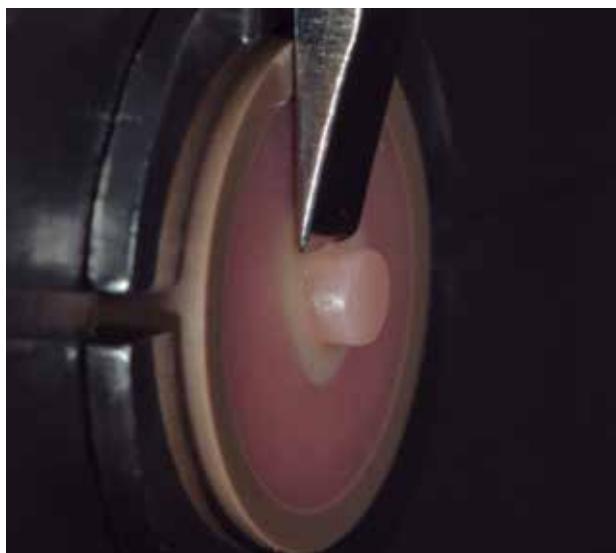


Figura 1. Ensayo de resistencia de unión al cizallamiento (máquina de prueba universal Instron 4444).

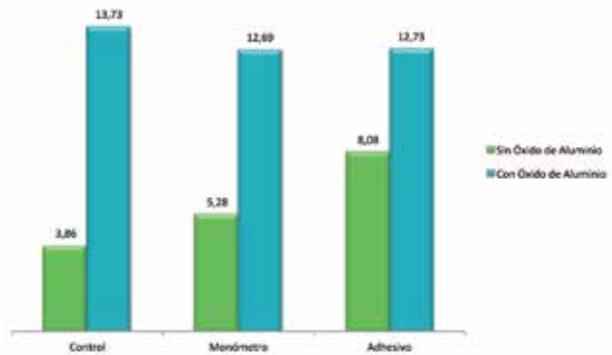


Figura 2. Ilustración gráfica de los valores de resistencia de unión al cizallamiento (MPa) en los seis grupos evaluados.

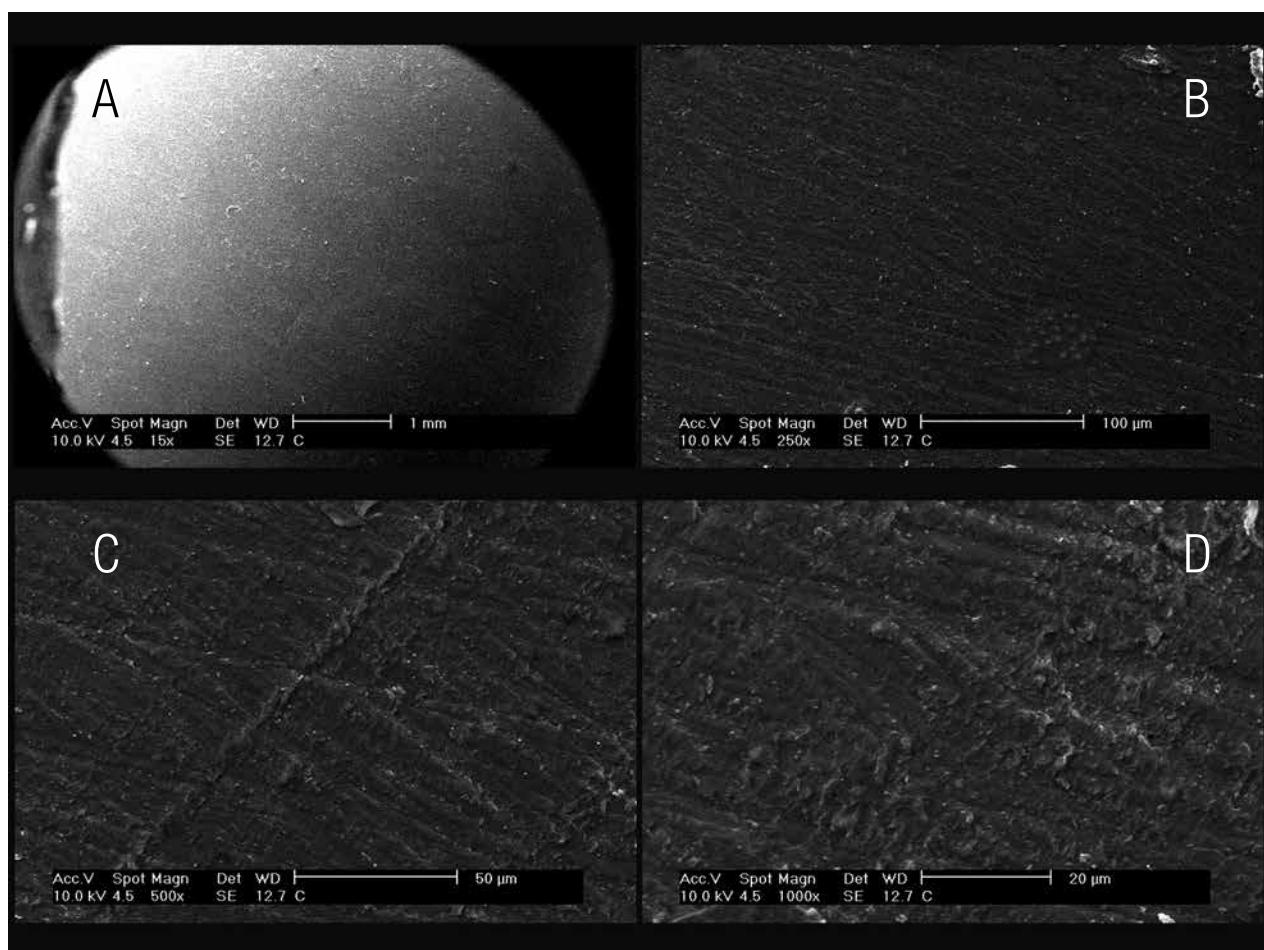


Figura 3. Microfotografía del diente de resina acrílica después del ensayo de cizallamiento en el grupo G1-C.
A. Aumento de 15x; B. Aumento de 250x; C. Aumento de 500x; D. Aumento de 1000x.

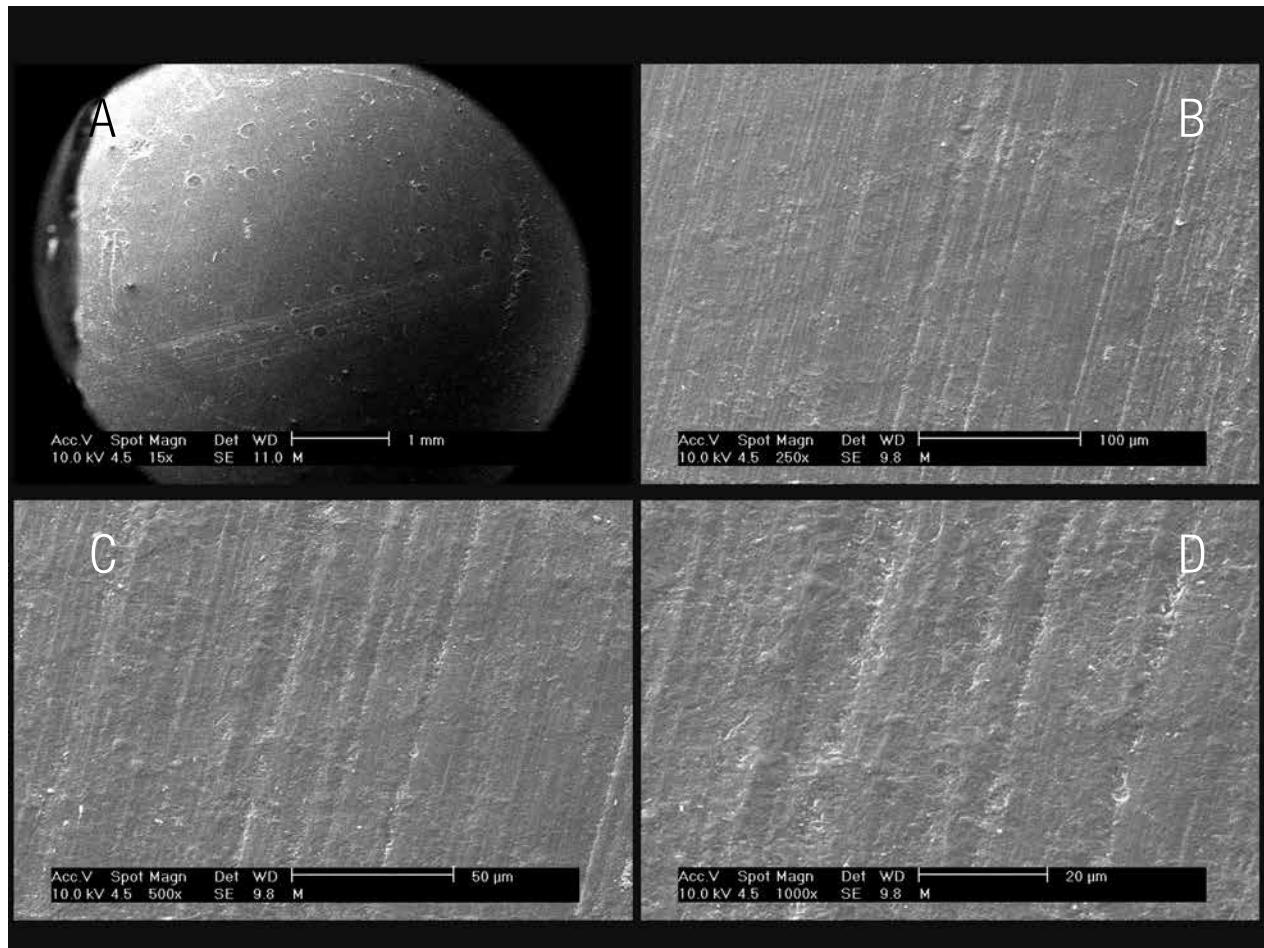


Figura 4. Microfotografía del diente de resina acrílica después del ensayo de cizallamiento en el grupo G2-M.
A. Aumento de 15x; B. Aumento de 250x; C. Aumento de 500x; D. Aumento de 1000x.

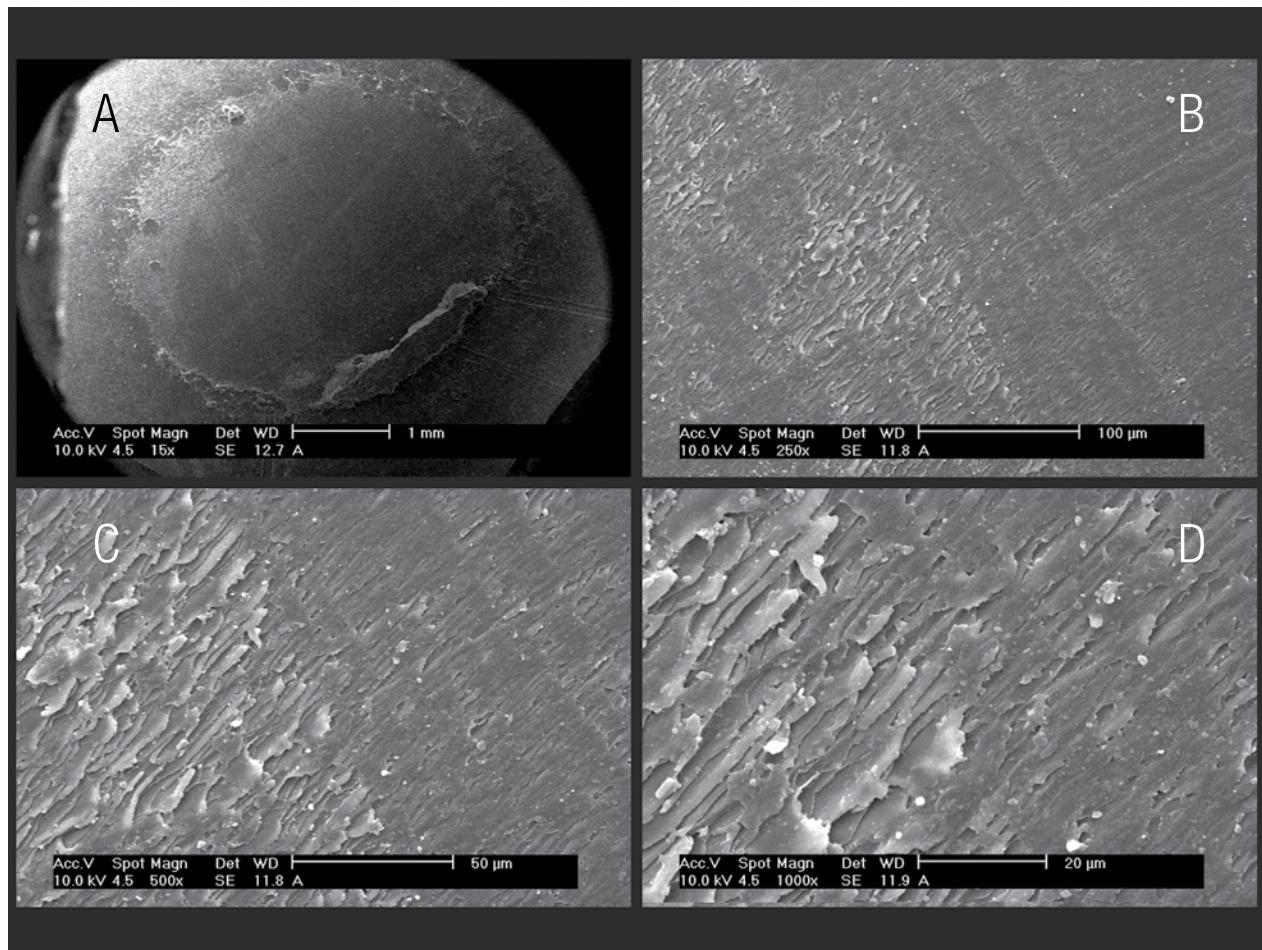


Figura 5. Microfotografía del diente de resina acrílica después del ensayo de cizallamiento en el grupo G3-A.
A. Aumento de 15x; B. Aumento de 250x; C. Aumento de 500x; D. Aumento de 1000x.

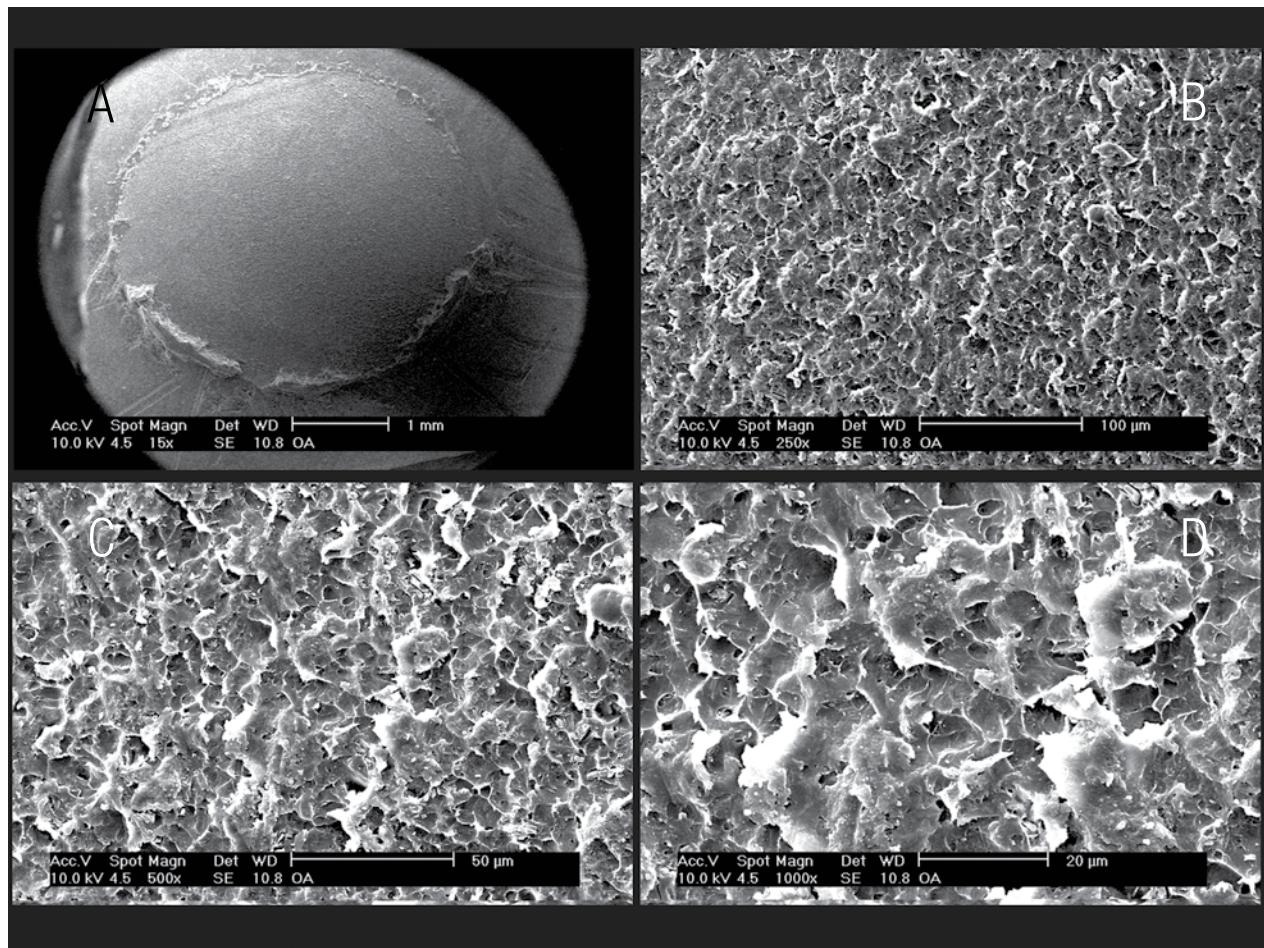


Figura 6. Microfotografía del diente de resina acrílica después del ensayo de cizallamiento en el grupo G4-OA.
A. Aumento de 15x; B. Aumento de 250x; C. Aumento de 500x; D. Aumento de 1000x.

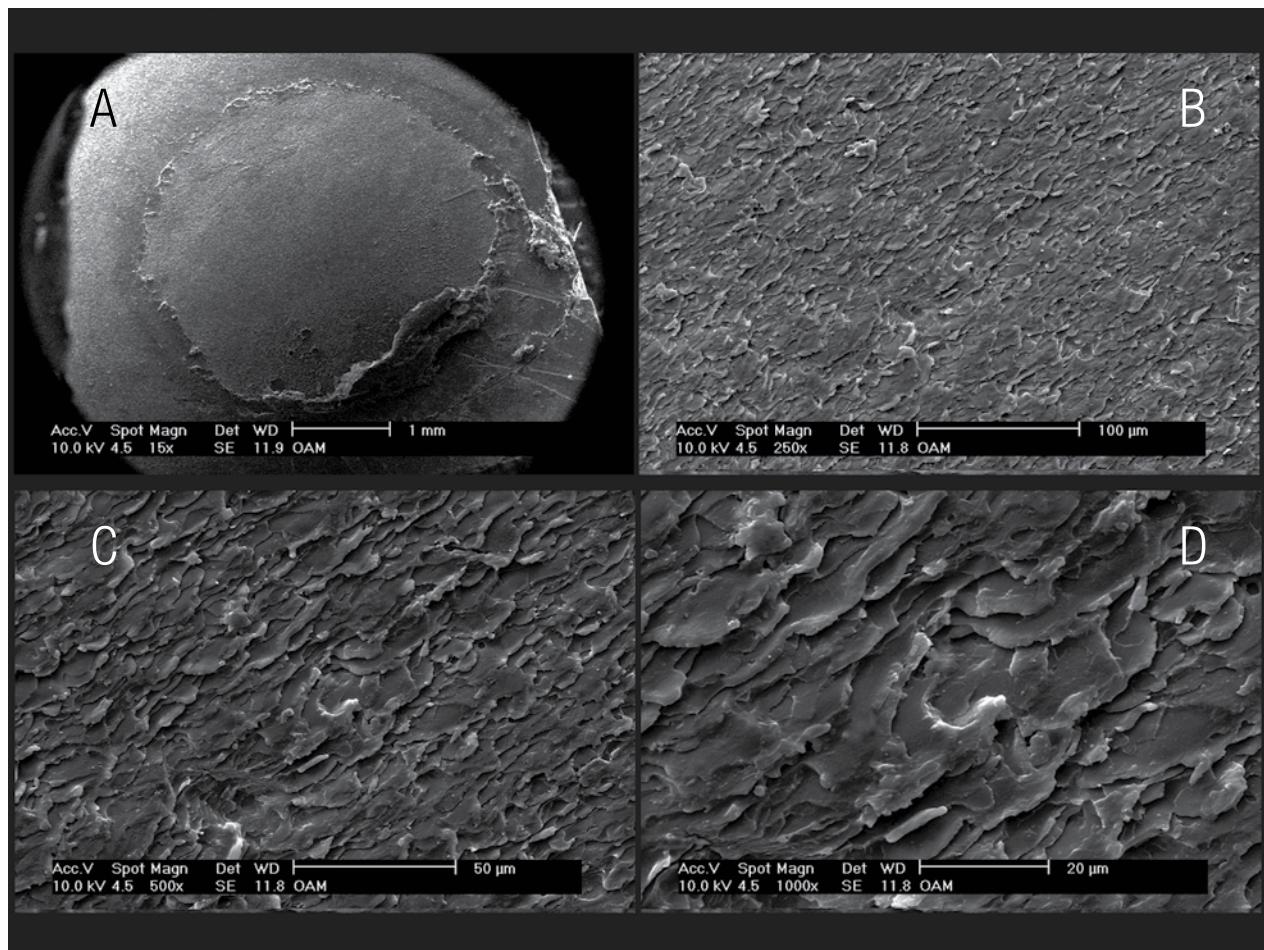


Figura 7. Microfotografía del diente de resina acrílica después del ensayo de cizallamiento en el grupo G5-OAM.
A. Aumento de 15x; B. Aumento de 250x; C. Aumento de 500x; D. Aumento de 1000x.

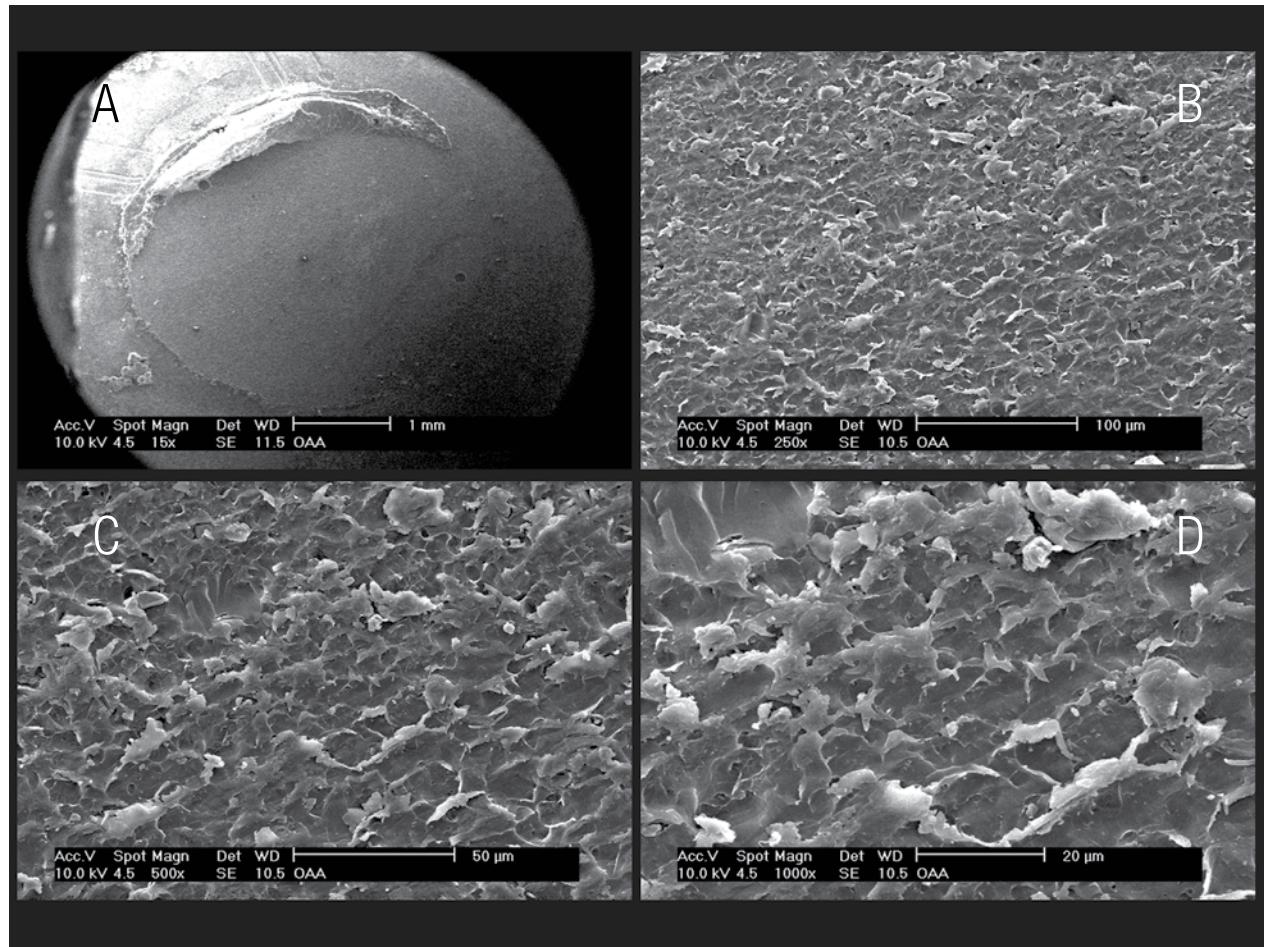


Figura 8. Microfotografía del diente de resina acrílica después del ensayo de cizallamiento en el grupo G6-OAA.
A. Aumento de 15x; B. Aumento de 250x; C. Aumento de 500x; D. Aumento de 1000x.

DISCUSIÓN

En el presente estudio fue investigada la resistencia de unión de reparos confeccionados con resina acrílica químicamente activada sobre dientes prefabricados de resina acrílica térmicamente activada, después de diferentes tratamientos de superficie. La hipótesis de que los reparos con diferentes tratamientos de superficie tendrían un comportamiento similar respecto a la resistencia de unión, fue rechazada. La remodelación mecánica de la superficie y la activación química de ella podrían explicar estos hallazgos.

En una investigación realizada por Dabart et al (9), sobre fracturas de prótesis totales, fue revelado que el 33% de las reparaciones eran realizadas en virtud de dientes perdidos, 29% en virtud de fracturas a nivel de la línea media y 38% debido a otros tipos de fractura.

Las investigaciones relatan que las resinas acrílicas térmicamente activadas tienen una mayor incidencia de fallas cohesivas, de tal forma, es mayor la resistencia adhesiva de dientes artificiales a la base de la prótesis que a resinas acrílicas químicamente activadas (24). Por otro lado, en contraposición, también ha sido reportado que la fuerza de reparo de las resinas acrílicas químicamente activadas es comparable con aquellas activadas térmicamente (26).

En este estudio, para la evaluación de la resistencia de unión de reparos con resina acrílica químicamente activada sobre dientes artificiales también de resina acrílica, fue utilizado un método considerado próximo a la realidad clínica, precisamente el de resistencia de unión por cizallamiento. Alternativas semejantes también fueron sugeridas por otros autores que evaluaron la influencia del condicionamiento físico-químico de la superficie en reparaciones de dientes perdidos (11, 18, 20, 23, 26).

De acuerdo a los resultados del presente estudio, cuando los dientes artificiales no fueron sometidos a tratamiento de microarenado con partículas de óxido de aluminio, se observó inicialmente que el tratamiento de las superficies de resina acrílica utilizando adhesivo a base de metilmetacrilato y metiletilcetona (Vitacoll, Vita, Alemania) (G3-A), existió un aumento sobre la resistencia de unión de los reparos, estadísticamente significativa al ser comparados con los grupos control (G1-C) y con aplicación de monómero (G2-M) ($p<0,05$).

No obstante, el valor medio de resistencia de unión del grupo G2-M (con aplicación de monómero y sin microarenado) fue estadísticamente similar al del grupo G1-C (control) ($p<0,05$), lo que demuestra que la aplicación de monómero por sí solo, no traería beneficio respecto al aumento de la resistencia de unión, a menos de que sea asociado a otros métodos que busquen tal objetivo. Similitudes pueden ser observadas en trabajos de Morrow et al (27), Cunningham & Benington (28), Consani et al (29), donde no fueron observadas diferencias estadísticamente significativas en el grupo en que fue utilizada resina acrílica químicamente activada como material de reparo.

Algunos autores han utilizado otros productos como tratamiento de superficie, proponiendo mejorar la resistencia de unión entre las resinas acrílicas. Sarac et al (20), observaron un aumento significativo con la utilización de acetona y diclorometano al ser comparados con superficies sin tratamiento. De modo similar, Colvenkar & Aras (21), con la utilización de diclorometano y etil acetato; y Thunyakitpisal et al (19) al utilizar Metanoato de metilo, metil acetato y una mezcla de las dos soluciones en varias concentraciones. Colvenkar & Aras (21) comprobaron un aumento en la fuerza de adhesión atribuido a la infiltración de monómero en las ranuras e irregularidades provocadas por los propios agentes químicos

en la superficie tratada. Explican que estas irregularidades son causadas por la disolución del poli metilmetacrilato, por acción del etil acetato y diclorometano.

Aunque los autores citados hayan utilizado materiales, variables y metodologías distintas, se resaltan semejanzas en los resultados al ser comparados con el presente estudio. Posiblemente estos resultados estén relacionados a la composición química del adhesivo a base de metilmetacrilato y metiletilcetona, pues se sabe que la metiletilcetona, también conocida como butanona, es ampliamente utilizada en la industria como solvente en diferentes aplicaciones. Considerando la dificultad en la obtención de información relacionada al mecanismo de acción de este adhesivo en Odontología, se sugiere que por el hecho de que estos agentes son solventes orgánicos, posiblemente provoquen una disolución o despolimerización de las cadenas del sustrato a ser reparado. Siendo así, nuevos radicales estarán disponibles para reaccionar con el material de reparo.

En el presente estudio, los grupos tratados con microarenado de partículas de óxido de aluminio correspondientes a G4-OA, G5-OAM y G6-OAA, presentaron valores estadísticamente superiores ($p<0,05$) al ser comparados con sus similares G1-C, G2-M y G3-A, sin mencionado tratamiento. Datos semejantes fueron relatados en los estudios de El-Sheikh & Powers (14), Chung et al (15), Bragaglia et al (16) y Consani et al (10), en que los autores utilizaron diferentes tamaños de partículas de óxido de aluminio, entre 50 y 200 μm y en algunos casos, tratamientos de superficie adicionales, verificando que la utilización de microarenador con partículas de óxido de aluminio demostró los mejores resultados de resistencia de unión entre dientes de resina acrílica y el material de reparación. Por otro lado, Geerts & Jooste (30) no observaron diferencias significativas comparando superficies con y sin tratamiento con

microarenador, destacándose el hecho de que aplicaron una metodología diferente. Entre las diferencias, se destaca la técnica utilizada para realizar la prueba de fractura y el almacenamiento de los cuerpos de prueba, así como también diferentes composiciones de resinas acrílicas.

Las evidencias indican que las partículas microarenadas de óxido de aluminio causan rugosidad suficiente en la superficie de los dientes artificiales utilizados en la confección de prótesis removibles, llegando a permitir que la resina acrílica penetre en las irregularidades, formando fuertes retenciones micromecánicas. Este tratamiento podría también incrementar la energía superficial por medio de la creación de micro rugosidades y además de eso, probablemente un aumento de las áreas de superficie y contacto entre los dos substratos acrílicos (10), justificando todos estos factores a los mayores valores de resistencia de unión en los grupos que fueron microarenados.

Fue observado en el presente estudio que a pesar de que la mayor resistencia de unión se presentó en los grupos con tratamiento de microarenado, comparativamente a sus similares sin microarenado, es decir, los grupos G4-OA, G5-OAM y G6-OAA fueron estadísticamente similares entre sí ($p>0,05$). Posiblemente, este tratamiento interfiera de forma positiva, en especial en el grupo G4-OA (sin condicionamiento químico) y en el grupo G5-OAM en que fue realizado condicionamiento con monómero, tornando tales grupos, estadísticamente similares al grupo G6-OAA en el que fue aplicado adhesivo.

Se resalta nuevamente que el tratamiento con microarenado de partículas de óxido de aluminio aumenta el área de superficie y de contacto en el substrato acrílico, favoreciendo también la retención micromecánica, considerando este procedimiento como de fundamental importancia, independiente de la asociación a otros métodos.

Analizando las microfotografías de los especímenes, realizadas con carácter ilustrativo después de los ensayos de cizallamiento, se verificó la ocurrencia de fallas adhesivas en los grupos sin microarenado con partículas de óxido de aluminio (Figuras 3-5). Siendo así, se observó que las fallas ocurrieron principalmente en la interface entre la resina acrílica, utilizada como material de reparo y la superficie del diente artificial, lo que coincide con los bajos valores de resistencia de unión a cizallamiento, especialmente en los grupos G1-C (3,38 MPa) y G2-M (5,28 MPa). Por otro lado, en el grupo G3-A (8,08 MPa), sin microarenado pero con aplicación de adhesivo, se observó una marcada presencia de residuos, probablemente oriundos del material restaurador adherido a la superficie después de realizar los ensayos (Figura 5), lo que conduce a la hipótesis de que se trate de una falla mixta (adhesiva y cohesiva). De igual manera, fue observado el predominio de posibles fallas mixtas en los grupos microarenados con óxido de aluminio (Figuras 6-8), presumiéndose su asociación a los mayores valores demostrados en los ensayos de resistencia de unión a cizallamiento en los grupos G4-OA (13,73 MPa), G5-OAM (12,69 MPa) y G6-OAA (12,73 MPa).

Dentro de las limitaciones de este estudio *in vitro*, fue verificado que el tipo de tratamiento en la superficie de dientes de resina acrílica puede tener influencia en su resistencia de unión hacia las bases protésicas al momento de realizar reparaciones. Sin embargo, el efecto a largo plazo de mencionados tratamientos respecto a la resistencia de unión, debe ser evaluado a través de nuevos experimentos, aplicando variables no abordadas en el presente estudio, así como también nuevos métodos, materiales, técnicas e inclusive en

investigaciones *in vivo*; con el objetivo de confirmar o no, los resultados aquí observados.

CONCLUSIONES

Respetando las limitaciones de un estudio laboratorial, a partir de los resultados obtenidos en la presente investigación, es posible establecer las siguientes conclusiones:

- Sin el tratamiento de microarenado de las superficies con partículas de óxido de aluminio, el adhesivo a base de metacrilato de metilo y metiletilcetona (Vitacoll), demostró la mayor resistencia de unión en los sitios reparados, estadísticamente superior a los grupos control y con aplicación de monómero, que fueron similares entre sí.
- El tratamiento de las superficies con microarenado de partículas de óxido de aluminio proporcionó la mayor resistencia de unión de las reparaciones, estadísticamente superior a los grupos sin mencionado tratamiento, independientemente del condicionamiento químico utilizado.

REFERENCIAS

1. Van Noort R. *Introdução aos Materiais Dentários*. Brasil: Editorial Artmed; 2004.
2. Peyton FA, Craig RG. History of resin in dentistry. *Dent Clin North Am*. 1975; 19 (2): 211-222.
3. Vallittu P. K. Interpenetrating polymer networks (IPNs) in dental polymers and composites. *J. Adh Sci & Tech*. 2009; 23 (7-8): 961-972.
4. Keh E. S., Hayakawa I., Takahashi H., Watanabe A., Iwasaki Y., Akiyoshi K.,

- Nakabayashi N. Improving a self-curing dental resin by eliminating oxygen, hydroquinone and water from its curing process. *Dent Mat J.* 2002; 21 (4); 373-382.
5. Anusavice K. J. Shen C., Rawls H. R. Phillips' science of dental materials. Elsevier Health Sciences; 2013.
 6. Rached R. N., Powers J. M., Del Bel Cury A. A. Efficacy of conventional and experimental techniques for denture repair. *J. Oral Reabil.* 2004; 31(11); 1130-1138.
 7. Beyli M. S., Von Fraunhofer J. A. An analysis of causes of fracture of acrylic resin dentures. *J. Prosthet Dent.* 1981;46 (3); 238-241.
 8. Vallittu P. K. Bonding of resin teeth to the polymethyl methacrylate denture base material. *Acta Odont Scand.* 1995; 53 (2); 99-104.
 9. Darbar U. R., Huggett R., Harrison A. Denture fracture--a survey. *Brit Dent J.* 1994;176 (9); 342-345.
 10. Consani R. L. X., Richter M. M., Mesquita M. F., Sinhoreti M. A. C., Guiraldo R. D. Effect of aluminium oxide particle sandblasting on the artificial tooth–resin bond. *J. Invest & Clin Dent.* 2010; 1 (2); 144-150.
 11. Ng E. T. L., Tan L. H. H., Chew B. S. H., Thean HPY. Shear bond strength of microwaveable acrylic resin for denture repair. *J. Oral Reabil.* 2004; 31(8); 798-802.
 12. Alkurt M., Duymuş Z. Y., Gundogdu M. Effect of repair resin type and surface treatment on the repair strength of heat-polymerized denture base resin. *J. Prosthet Dent.* 2014;111 (1); 71-78.
 13. Fawzy A. S., El-Askary F. S., Amer M. A. Effect of surface treatments on the tensile bond strength of repaired water-aged anterior restorative micro-fine hybrid resin composite. *J. Dent.* 2008; 36 (12); 969-976.
 14. El-Sheikh M. M., Powers J. M. Tensile bond strength of porcelain teeth to denture resin before and after aging. *Int. J. Prosthod.* 1998; 11 (1).
 15. Chung K. H., Chung C. Y., Chan D. C.N. Effect of pre-processing surface treatments of acrylic teeth on bonding to the denture base. *J. Oral Rehabil.* 2008; 35 (4); 268-275.
 16. Bragaglia L. E., Prates L. H. M., Calvo M. C. M. The role of surface treatments on the bond between acrylic denture base and teeth. *Braz Dent J.* 2009; 20 (2); 156-161.
 17. Akin H., Kirmali O., Tugut F., Coskun M. E. Effects of different surface treatments on the bond strength of acrylic denture teeth to polymethylmethacrylate denture base material. *Photomed laser surgery.* 2014; 32 (9); 512-516.
 18. Minami H., Suzuki S., Minesaki Y., Kurashige H., Tanaka T. In vitro evaluation of the influence of repairing condition of denture base resin on the bonding of autopolymerizing resins. *J. Prosthet Dent.* 2004; 91 (2); 164-170.
 19. Thunyakitpisal N., Thunyakitpisal P., Wiwatwarapan C. The effect of chemical surface treatments on the flexural strength of repaired acrylic denture base resin. *J. Prosthod.* 2011; 20 (3); 195-199.
 20. Sarac Y. S., Sarac D., Kulunk T., Kulunk S. The effect of chemical surface treatments of different denture base resins on the shear bond strength of denture repair. *J. Prosthet Dent.* 2005; 94 (3); 259-266.
 21. Colvenkar S. S., Aras M. A. In vitro evaluation of transverse strength of repaired heat cured denture base resins with and without surface chemical treatment. *J. Indian Prosthod Soc.* 2008; 8 (2); 87.
 22. Takahashi Y., Chai J., Takahashi T., Habu T. Bond strength of denture teeth to denture base resins. *Int. J. Prosthod.* 2000; 13 (1).
 23. Marra J., Paleari A. G., Pero A. C., de Souza R. F., Barbosa D. B., Compagnoni M. A. Effect of methyl methacrylate monomer on bond strength of denture base resin to acrylic teeth. *Int. J. Adhes.* 2009; 29 (4); 391-395.

24. Korkmaz T., Dogan A., Dogan O. M., Demir H. The bond strength of a highly cross-linked denture tooth to denture base polymers: a comparative study. *J. Adhes Dent.* 2011;13 (1).
25. Rached R. N., Powers J. M., Cury A. A. D B. Repair strength of autopolymerizing, microwave, and conventional heat-polymerized acrylic resins. *J. Prosthet Dent.* 2004; 92 (1); 79-82.
26. Özcan M. Surface Conditioning Protocol for the Chairside Repair of Polymeric Denture Teeth. *J. Adhes Dent* 2015; 17 (1); 90 -90.
27. Morrow R. M., Matvias F. M., Windeler A. S., Fuchs R. J. Bonding of plastic teeth to two heat-curing denture base resins. *J. Prosthod Dent.* 1978; 39 (5), 565-568.
28. Cunningham J. L., Benington I. C. An investigation of the variables which may affect the bond between plastic teeth and denture base resin. *J. Dent.* 1999; 27 (2); 129-135.
29. Consani R. L., Naoe H. T., Mesquita M. F., Sinhoret M. A., Mendes W. B. Effect of ridge-lap surface treatments on the bond of resin teeth to denture base. *J. Adhes Dent.* 2011;13 (3); 287.
30. Geerts G. A., Jooste C. H. A comparison of the bond strengths of microwave-and water bath-cured denture material. *J. Prosthet Dent.* 1993;70 (5); 406-409.



Attribution (BY-NC) - (BY) You must give appropriate credit, provide a link to the license, and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggest the licensor endorses you or your use. (NC) You may not use the material for commercial purposes.