

## Incorporación de un refuerzo de fibra de vidrio para mejorar las propiedades mecánicas de puentes provisorios de resina bis-acrítica

### Incorporation of fiber reinforcement to enhance mechanical properties of bisacrylic resin temporary bridges

Lipcen KC<sup>1</sup>, Molina GF<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Odontología, Departamento de Rehabilitación Bucal. Cátedra Prosthodontia IV A,

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Odontología. Departamento de Rehabilitación Bucal. Cátedra Materiales Dentales.

#### Abstract

**Aim:** To evaluate the effect of fiber reinforcement on flexural strength (FS), marginal adaptation (MA) and resistance to fatigue (RF) of bisacrylic resin provisional bridges. **Methods:** Two metal cores fixed to a metal base at a distance of 10mm of each other reproduced a simulated cast for a three-teeth bridge with an extracted molar. A metal bridge was manufactured for this cast, representing teeth 45, 46 (phantom) and 47. This master-piece was used to obtain a polyether matrix (Impregum Regular, 3M Espe, Seefeld, Germany) for the production of provisional bridges for the three treatment groups using the following materials: A) PMMA; B) Bisacrylic resin (ProTemp 3, 3M Espe, St. Paul, USA); C) Bisacrylic resin + fiber reinforcement (Interlig, Angelus, Brazil). For each test, samples were supported using the metal base as a fixed platform. FS was assessed using a Universal Testing Machine (Digimess MX5000) at a crosshead speed of 1mm/min. FS was expressed in Newtons as the load at fracture of the samples. MA was evaluated as the distance between the distal-cervical margins of the crowns and the shoulder of the metal cores, at three moments of load charge (initial, 500N and 800N). RF was tested using dynamic forces as the number of cycles until fracture using a load charge of 80% of the static maximum force. Mann-Whitney U test ( $p < 0.05$ ) was used for statistical analysis. **Results:** Mean FS values were 810(80)N, 800(20)N y 990(20)N for groups A, B and C respectively. Bisacrylic resin groups resisted significantly more cycles until fracture than PMMA, being group C the one that resisted the most. Regarding MA test, a great dispersion of values among the three groups was observed. **Conclusion:** Addition of glass-fibers increased FS and RF of bisacrylic provisional bridges without an effect on MA.

**KEYWORDS:** bisacrylic resins, temporary bridges, glass fibers

#### Resumen

**Objetivo:** Determinar la contribución de un refuerzo de fibra de vidrio para mejorar la resistencia flexural (RF) y a la fatiga (RFa) y disminuir la desadaptación marginal (DM) de puentes provisionales confeccionados con resina bisacrílica. **Métodos:** Se preparó un modelo maestro simulando un puente de tres elementos con un fantoma (45, 46 y 47). Se replicaron mediante matriz de poliéter puentes provisorios para los tres grupos de estudio: A) PMMA; B) Resina Bisacrílica (ProTemp 3, 3M Espe, St. Paul, USA); C) Resina Bisacrílica + refuerzo de fibra (Interlig, Angelus, Brazil). La RF expresada en Newton (N) se evaluó por medio de una máquina universal de ensayos (Digimess MX5000) a 1mm/min hasta la fractura. La distancia entre el borde disto-cervical de las coronas de cada puente provisorio y el hombro de los pilares metálicos del modelo maestro fue considerada como la medida de desadaptación marginal (DM), registrada en tres momentos durante la carga de cada espécimen (inicio, 500N y 800N). La RFa fue evaluada utilizando fuerzas dinámicas en un dispositivo ad-hoc, resultando en el número de ciclos que cada muestra resistía al someterla a una carga del 80% del valor máximo obtenido previamente en el test de RF. El análisis estadístico se realizó a través de la prueba de Mann-Whitney U ( $p < 0.05$ ). **Resultados:** Los valores de RF fueron 810(80)N, 800(20)N y 990(20)N para los grupos A, B and C respectivamente, con diferencias significativas entre el grupo C y los otros dos. Los grupos B y C resistieron significativamente más cantidad de ciclos que el grupo de PMMA, siendo el grupo C el que obtuvo los valores más altos. En las pruebas de DM los valores se distribuyeron en forma heterogénea. **Conclusión:** El refuerzo de fibra de vidrio mejora las propiedades mecánicas de puentes provisorios de tres elementos confeccionados con resinas bisacrílicas.

**PALABRAS CLAVE:** resinas bisacrílicas, puentes provisorios, fibras de vidrio

## Introducción

Las prótesis parciales provisionales son componentes esenciales en un tratamiento de rehabilitación mediante prótesis parcial fija. Las restauraciones provisionales deben satisfacer necesidades biológicas y estéticas, además de requerimientos mecánicos como la resistencia a las cargas oclusales funcionales y a fuerzas de extrusión, y el mantenimiento de la alineación de los pilares. Por otra parte, deben proteger la vitalidad pulpar de los dientes preparados, mantener la salud periodontal, reemplazar dientes ausentes, prevenir la migración de los pilares y proveer estética.

De igual modo, estas estructuras asisten en el desarrollo del planeamiento oclusal, evaluación de fonética, dimensión vertical oclusal y masticación. Deben tener buena adaptación marginal para evitar microfiltraciones y las superficies deben ser lisas y pulidas, fáciles de higienizar, confortables con contornos y troneras adecuados.<sup>1,2</sup>

Los materiales y procedimientos para confeccionar restauraciones protésicas provisionales son numerosos y si bien no existe uno en particular que cumpla las condiciones ideales para todas las situaciones clínicas, algunos de estos materiales han sido utilizados de forma satisfactoria para cumplir los propósitos de un correcto tratamiento, como los acrílicos de auto y termocurado y las resinas bisacrílicas.

Los materiales a utilizar para la confección de puentes provisionales deben tener elevada resistencia mecánica y flexural, estabilidad dimensional, biocompatibilidad, estética, ajuste marginal, ausencia de toxicidad y facilidad de manipulación. La resistencia mecánica del material es una propiedad determinante para que los puentes provisionales cumplan con los objetivos de su diseño, sobre todo cuando el paciente debe utilizar la restauración por un largo período o cuando ésta comprende más de 2 elementos.

En la confección de puentes provisionales de tres o más elementos, es necesario contar con materiales que aseguren una resistencia flexural capaz de soportar cargas oclusales sin fracturar la preparación ni permitir la desadaptación marginal. En el presente trabajo, se propone evaluar la adición de un refuerzo de fibra de vidrio a preparaciones con resinas bisacrílicas con la finalidad mejorar el comportamiento de sus propiedades mecánicas<sup>3,4-5</sup>.

## Materiales y métodos

Para la realización del presente estudio se definió como variable independiente el tipo de material utilizado para la confección de los puentes (acrílico autopolimerizable, resinas bisacrílicas sin refuerzo de fibra de vidrio y resinas bisacrílicas con refuerzo de fibra de vidrio) y como variables dependientes las propiedades mecánicas estudiadas como son Resistencia Flexural (RF), Desadaptación Marginal (DM), Resistencia a la Fatiga (RFa).

### *Confección de las muestras*

A fin de simular la situación clínica de ausencia de un molar, con dos elementos vecinos que actúan como pilares protéticos se diseñó un modelo de trabajo utilizando un bloque de aluminio macizo, a partir del cual se confeccionó una base de 70 mm de largo por 20 mm de altura y 30 mm de profundidad, con 2 perforaciones separadas a 10 mm de sus puntos medios. En estas perforaciones se atornillaron los pilares elaborados en el mismo material, también de 10mm de diámetro. En todo el contorno de la base se le delimitó un borde de 2 mm para asegurar el ajuste hermético de una tapa, realizada en aluminio de 70 mm de longitud, la cual fue utilizada a modo de cubeta para colocar un material de impresión que luego permitiría la reproducción estandarizada de la matriz de los puentes provisionales.

Las raíces de los pilares fueron cubiertas por un espesor de 1mm de un elastómero (Impregum, 3M Espe) para simular la función del periodonto.<sup>1</sup>

Sobre este modelo se enceró un puente con las características anatómicas correspondientes a los elementos 45, 46 y 47, dejando una superficie plana a la altura de la fosa central del primer molar (fantoma) de 6 mm de diámetro. Este encerado fue reemplazado por una aleación de cromo-níquel a través del método de la cera perdida (Figura 1). El puente metálico obtenido sirvió como modelo maestro para su réplica con un material de impresión (Position Penta Quick, 3M Espe, St. Paul, Estados Unidos) y la posterior elaboración de las muestras de los diferentes grupos de estudio.

### *Grupos de estudio*

Se establecieron 3 grupos de estudio:

*Grupo 1 (control, n=5):* Polimetacrilato de Metilo (PMMA). Se preparó la resina acrílica autocurable con la proporción polímero-monómero 3:1,2 para colocarla dentro de la matriz elastomérica con la preparación en consistencia masillosa. Se colocó la matriz sobre los pilares realizando una ligera presión para favorecer una distribución homogénea del material. Luego de la etapa exotérmica, a una temperatura ambiente de 23°C durante 16 minutos, se retiró la muestra y se almacenó durante 24 horas en agua destilada a 37°C.

*Grupo 2 (n=5):* Resina bisacrílica Protemp 4 Garant, 3M Espe, Seefeld, Alemania, sin refuerzo de fibra de vidrio. Se dispensó el material con cartuchos de automezclado, sobrellenando la matriz en un período que no excediera los dos minutos<sup>7</sup>. Después de siete minutos de concluir la fase exotérmica, a 23°C de temperatura ambiente, se recuperó cada muestra para su almacenamiento en agua destilada a 37°C durante 24 horas.

*Grupo 3 (n=5):* Protemp 4 Garant con refuerzo de fibra de vidrio Angelus. Se midió y cortó un trozo de fibra de 28mm de longitud, para luego impregnarla con adhesivo universal (Single Bond, 3M Espe, Seefeld, Alemania) y polimerizar la preparación. Se dispensó una primera capa de 1mm de material dentro de la matriz, ubicando centralizada sobre ésta en sentido mesio-distal y vestibulo-lingual el tramo de fibra preparado. A continuación, se sobrellenó la matriz, posicionándola sobre los pilares hasta completar la polimerización de la muestra. Se almacenó la muestra durante 24 horas hasta su evaluación, en agua destilada a 37°C.

La resistencia flexural (RF), desadaptación marginal (DM) y resistencia a la fatiga se evaluaron del siguiente modo:

#### *Resistencia Flexural (RF)*

Para su evaluación, cada muestra se posicionó sobre el modelo previamente confeccionado, fijando las preparaciones con un cemento provisional libre de eugenol (Procem, 3M Espe, Seefeld, Alemania). El modelo se ubicó sobre una platina, de modo tal que la fuerza ejercida por la máquina universal de ensayos (Digimess MX5000) se aplicó en la superficie plana ubicada en la fosa central del molar del pónico, con una punta redonda de acero de 6mm de diámetro a una velocidad de carga de 1mm/min, hasta la fractura del material (Fig. 1B).

Para determinar la resistencia a la flexión (RF) se consideró la carga en el momento de la fractura,

medida en N (Newton). De igual modo, se registró el tipo de fractura de cada muestra y el tiempo que transcurrió desde el inicio de la carga hasta la fractura.

#### *Desadaptación Marginal (DM)*

Se utilizó el mismo modelo confeccionado para la prueba de resistencia flexural a cuyos pilares se les añadió una demarcación milimétrica en cuatro líneas paralelas ubicadas en cada cara de los pilares.

Las muestras fueron sometidas a ensayo de fuerzas verticales. El modelo se ubicó sobre una platina, de modo tal que la fuerza ejercida por la máquina universal de ensayos (Digimess MX5000) se aplicó en la superficie plana de la fosa central del molar del pónico, con una punta redonda de acero de 6mm de diámetro a una velocidad de carga de 1mm/min, durante un tiempo (T) que se definió con la siguiente fórmula:  $T=b/2$ , donde  $b$  es el promedio de los tiempos que demoraron las muestras en fracturarse durante la prueba de resistencia flexural.

Se registró la discrepancia en los márgenes de las coronas con respecto a las marcas localizadas en los pilares. La desadaptación marginal de cada muestra fue la media aritmética de una serie de mediciones realizadas sobre cada línea milimetrada de los pilares. Para tal fin, se tomaron registros fotográficos de los márgenes cervicales distales de cada muestra en tres momentos establecidos: Inicio, 500 N y 800 N.

Para cada registro se midió la desadaptación en 5 puntos. Las imágenes fueron procesadas con el programa Image Pro-Plus para medir la distancia entre el hombro del pilar y el margen del puente. La desadaptación marginal de cada muestra se obtuvo del promedio de las 5 mediciones realizadas en cada momento (inicio, 500 N y 800 N).

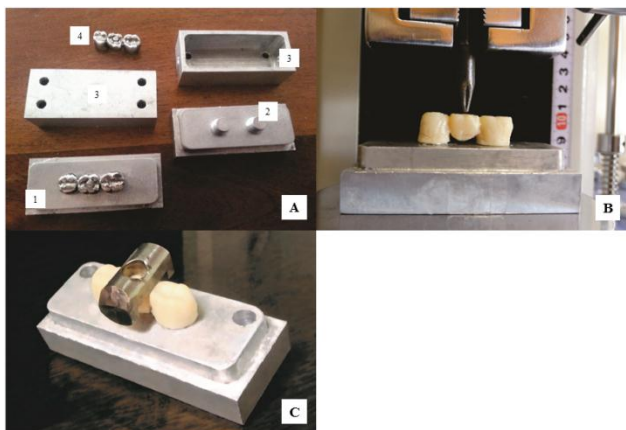
#### *Prueba de Fatiga (RFa)*

Los análisis de resistencia a la fatiga de las muestras evaluadas se realizaron en el laboratorio LAMARX (FAMAF). Para llevar a cabo los ensayos se adaptó la norma ISO 14801<sup>9</sup> para este tipo de muestra, especialmente la geometría de aplicación de la fuerza. El objetivo del ensayo fue obtener el diagrama de carga cíclica para cada tipo de material utilizados en la fabricación de los puentes. Esta curva resume las **propiedades de fatiga** del puente dental, mostrando el número de ciclos que resiste cada muestra para cada valor de carga aplicada. Para hacer esta prueba se realizó

primero un ensayo preliminar estático de compresión con cinco muestras de cada ejemplar con la finalidad de determinar el valor máximo de fuerza antes de la rotura del puente. A partir de estos resultados se estableció en 800N el valor máximo de carga para los ensayos dinámicos.

Se proporcionaron 10 muestras con cada uno de los materiales: acrílico, resinas bisacrílicas sin refuerzo y resinas bisacrílicas con refuerzo de fibra de vidrio.

De acuerdo con la norma ISO 14801, el eje longitudinal del puente debe formar un ángulo de 30° respecto a la dirección de aplicación de la fuerza  $F$ . El máximo momento de la fuerza  $F$  sobre el puente viene dado por  $M = FL\text{sen}(30) = 0.5FL$ , donde  $L$  es la distancia desde la superficie del portamuestra hasta el punto de aplicación de la fuerza, 11 mm. La fuerza de carga de la máquina de ensayo se aplicará a través de un semicilindro de material duro colocado sobre el puente (Fig. 1C).



**Figura 1.** A. Componentes del modelo maestro. Ref.: 1) base; 2) pilares; 3) tapa y 4) puente metálico. B. Muestra de PMMA en el momento de ser evaluada su resistencia flexural con la máquina universal de ensayos. C. Semicilindro metálico utilizado como superficie de trasmisión de fuerzas

Los ensayos estáticos de compresión fueron realizados con la función "balanza", se incrementó la fuerza a razón de 0.1 kg/s. Se seleccionaron 5 puentes de cada material para el ensayo estático. Uno de los propósitos de estos ensayos es determinar el valor máximo de fuerza ( $F_c$ ) antes de la rotura del puente.

Los ensayos dinámicos fueron realizados en la misma disposición experimental que los estáticos. Para construir el diagrama de ciclo de carga se realizaron ensayos dinámicos a diferentes valores de fuerza, comenzando en un 90%  $F_c$  (dada por el promedio de los valores obtenidos en el ensayo estático). La frecuencia de la fuerza

(aproximadamente sinusoidal) fue de 2 Hz, y el valor mínimo de fuerza se mantuvo en el 10% de la fuerza máxima seleccionada. Para cada ciclo se monitorea la fuerza mediante una celda de carga calibrada de fábrica.

### Análisis estadísticos

En función de valores obtenidos en un estudio piloto, se realizó el cálculo del tamaño de la muestra para el estudio final de resistencia flexural. Se aplicó la prueba ANOVA en función de un parámetro de 80 % de potencia para un error alfa de 0.05, se determinó un número de 5 repeticiones por grupo de estudio.

## Resultados

### Resistencia Flexural

En función de valores obtenidos en un estudio piloto, se realizó el cálculo del tamaño de la muestra para el estudio final de resistencia flexural. Los valores promedio y su desviación estándar de RF fueron de 810(80) N para el grupo 1; 800(20) N para el grupo B y 990(20) N para el grupo 3. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo C y los otros 2 grupos ( $p=0.0034$ ), no así entre los grupos 1 y 2 ( $p=0.05$ ) (Tabla 1).

Las pruebas realizadas con acrílico y resinas bisacrílica sin refuerzo muestran valores medios y desviación estándar de 780(30) y 800(20) N respectivamente. Los especímenes elaborados con refuerzo de fibra alcanzaron 990(20) N, resultando en valores con diferencias estadísticamente significativas en relación a los dos grupos anteriores.

Estos resultados permiten inferir que el refuerzo de fibra de vidrio incrementa la resistencia flexural in vitro de los puentes provisionales realizados con resinas bisacrílicas.

**Tabla 1.** Valores de Resistencia Flexural para los grupos estudiados.\*Distintas letras indican diferencias significativas entre grupos ( $p>0,05$ )

Grupos de Estudio	Valores medios (DS) en Newton
PMMA (Grupo 1)	810(80) <sup>a</sup>
BIS s/ref (Grupo 2)	800(20) <sup>a</sup>
BIS + Interlig (Grupo 3)	990(20) <sup>b</sup>

## Desadaptación Marginal

Para las muestras elaboradas con acrílico los valores medios de desadaptación en el inicio se ubicaron entre 0.21 y 0.45 mm, representando el momento en el cual la muestra se asienta en la base con los pilares metálicos

Durante la medición intermedia a los 500 N, los valores de desadaptación disminuyen, promediando 0.10 y 0.21 mm, interpretándose como el efecto de compresión sobre las muestras que ajustan el espécimen sobre los pilares de soporte, mejorando su asentamiento.

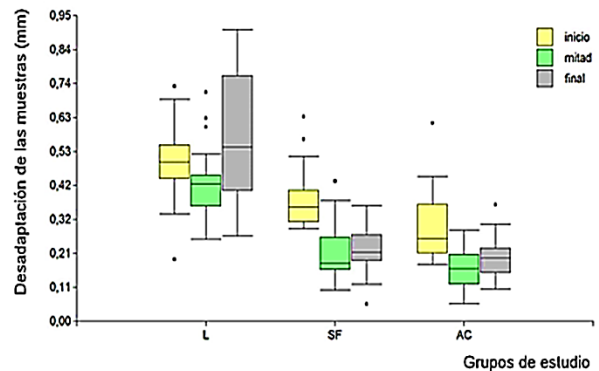
Hacia el final, con una fuerza de 800 N, se obtuvieron valores medios entre 0.12 y 0.30 mm, reflejando el efecto de pandeo de la preparación al recibir una carga significativamente mayor, la cual provoca la elevación de los extremos del puente.

A diferencia de las mediciones iniciales, los valores obtenidos para cada una de las muestras tuvieron una distribución más homogénea.

Para el grupo de estudio con resina bisacrílica sin refuerzo al inicio de la aplicación de la fuerza la desadaptación en los márgenes de las preparaciones se registraron valores entre 0.29 y 0.51 mm; luego, al alcanzar una fuerza intermedia de 500 N, éstos se ubicaron entre 0.14 y 0.24 mm, con escasa dispersión en las cinco mediciones de cada muestra. Se observó la misma situación que en el grupo de PMMA en relación al efecto de compresión producido por la carga ejercida sobre los especímenes.

Cuando la carga alcanzó los 800 N, las muestras tuvieron una desadaptación promedio entre 0.14 y 0.29 mm reflejando el pandeo de la preparación que provoca la elevación de los extremos del puente, descripto anteriormente.

Para el grupo de resina bisacrílica con refuerzo, los valores iniciales se ubicaron entre 0.42 y 0.62 mm; en 500 N éstos disminuyeron significativamente, situándose entre 0.28 y 0.48 mm. En 800 N se registró una gran disparidad en los valores medios, entre 0.31 y 0.75 mm, al igual que una sustancial dispersión en las mediciones de cada muestra. Esta situación se podría asociar a una mayor desadaptación marginal por efecto del pandeo de las muestras cuando se incrementa la carga al valor máximo establecido (Fig. 2).



**Figura 2.** Comparación de las mediciones de desadaptación marginal en los tres momentos de registro para todas las muestras de los grupos estudiados. Ref. L=resina bisacrílica con refuerzo; SF=resina bisacrílica sin refuerzo; AC= PMMA.

## Ensayo de fatiga

### Ensayos dinámicos de compresión

#### 1- Acrílico (PMMA)

La fuerza límite de fatiga en la cual estos puentes no fallaron fue de 150 N mientras que los valores de fuerza máxima hasta la falla se ubicaron entre 150 y 280 N con un valor medio de 220 N. En general, a menor carga aplicada a las muestras, se requirió mayor cantidad de ciclos hasta ocurrir la falla del espécimen.

#### 2- Resinas bisacrílicas sin refuerzo

La fuerza límite de fatiga en la cual los puentes no fallaron fue de 220 N, con valores de carga que fueron desde 190 a 330 N de fuerza máxima hasta la falla por fatiga con un promedio de 260 N.

Al igual que en el grupo de PMMA, a menor carga aplicada a las muestras se requirió mayor cantidad de ciclos hasta ocurrir la falla del espécimen. La diferencia entre estos grupos fue el número de ciclos significativamente mayor hasta producirse la ruptura del material.

#### 3- Resinas bisacrílicas reforzadas con fibra de vidrio

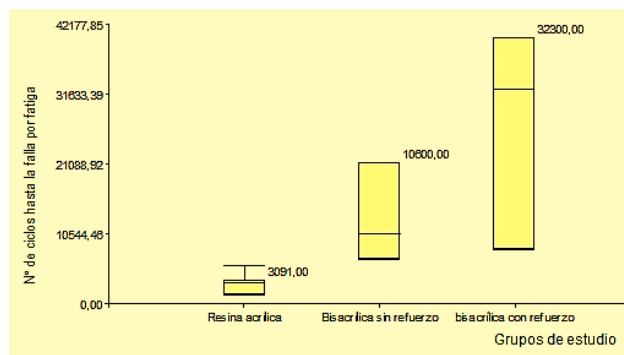
La fuerza límite de fatiga en la cual los puentes no fallaron fue levemente superior que el grupo anterior, alcanzando un valor de 240 N. La fuerza máxima de carga varió desde 200 a 350 N hasta la falla por fatiga con un promedio de 270 N. De igual modo que en los grupos anteriores, a menor carga aplicada a las muestras se requirió en general una mayor cantidad de ciclos hasta ocurrir la falla

del espécimen. En el caso de los grupos confeccionados con resina bisacrílica, tanto con refuerzo como sin el aditamento de fibra de vidrio, el número de ciclos hasta producirse la ruptura del material fue notablemente mayor que para el grupo de muestras elaboradas con PMMA (Fig. 3).

De acuerdo a los valores obtenidos en el ensayo estático de compresión, se realizó la prueba al 90% del valor máximo obtenido antes de la ruptura.

Los límites de fuerza para falla a la fatiga fueron *mayores* para las muestras de resina bisacrílica reforzadas con fibra de vidrio resultando este refuerzo muy significativo en cuanto a los ciclos que resisten así como al tipo de fractura observada, en que las partes del puente se desprenden en forma incompleta sin llegar a la separación total.

En las muestras de acrílico las fallas se produjeron en la unión del fantoma con uno de los pilares. En las muestras de resinas bisacrílicas sin refuerzos las rupturas también se produjeron en la unión del fantoma con alguno de los pilares.



**Figura 3.** Representación gráfica de los valores obtenidos en pruebas dinámicas de resistencia a la fatiga para los grupos estudiados

## Discusión

En relación a los ensayos seleccionados se entiende que, en áreas sometidas a gran estrés es necesario un material con alta resistencia flexural, elevado módulo elástico, baja deformación y resistencia a la fatiga, ya que el tiempo que permanecen estos puentes en boca es variable y puede ir de semanas a meses.

Las pruebas de flexión simulan la carga a la que es sometido un puente cuando está funcionando en la cavidad oral<sup>4</sup>. Por otra parte, la desadaptación marginal evidencia el desajuste de un bloque de material en zonas críticas, luego de haber sido sometido a cargas, dando lugar a fenómenos de percolación. Finalmente, se realizaron ensayos de fatiga partiendo de un valor máximo de fuerza -

según la Norma ISO 14801- entre un 80 y 90% de  $F_c$ . Este valor de fuerza máximo aseguró que durante todos los ensayos siempre se mantuviera la muestra en el **régimen elástico** (tensión proporcional a la deformación).

Las resinas bisacrílicas utilizadas en la presente investigación poseen las características adecuadas para realizar restauraciones provisionales que deben estar un tiempo prolongado en la boca. Este material presenta fácil manipulación, alta resistencia, adaptación marginal adecuada, baja exotermia durante su fraguado, buen pulido inicial y posibilidad de reparación con resinas compuestas. Las resinas bisacrílicas poseen una estructura química con compuestos bi-funcionales capaces de formar cadenas cruzadas con otros monómeros, generando un reticulado que brinda fuerza y resistencia al material<sup>2</sup>.

Por otra parte, el PMMA utilizado para realizar los grupos de control es el material tradicional de referencia en este segmento de polímeros para restauraciones indirectas. Se caracteriza por una resistencia moderada a fuerzas de compresión, estabilidad de color, facilidad de manipulación y pulido, además de su costo accesible. No obstante, mantiene claras desventajas en relación a las resinas bisacrílicas para una restauración con prótesis provisionales a largo plazo ya que presenta menor resistencia a la flexión en provisionales largos y es irritante para los tejidos blandos. Estas resinas son mono-funcionales con bajo peso molecular, moléculas lineales que provocan disminución en la resistencia y rigidez<sup>2</sup>.

Para la utilización de fibras como refuerzo de los puentes provisionales, es relevante considerar la dirección de la carga en la cual son evaluadas con relación a su orientación en la restauración. De acuerdo a hallazgos de otros autores, la adición de este tipo de refuerzo a muestras de resina aumenta significativamente la resistencia a la flexión en el conjunto fibra-resina en comparación con muestras sin refuerzo de fibras.<sup>3-4-10</sup>

La resistencia a la flexión de este tipo de fibra es superior a 250 GPa (2549 Kg), siendo un valor elevado en comparación con las fuerzas presentes en la cavidad oral, las cuales excepcionalmente superan los 70/80 Kg.

Los valores de fractura de las muestras sin refuerzo se ubicaron en un promedio de 802 N mientras que las elaboradas con refuerzo promediaron los 985 N, utilizando siempre la misma longitud del provisional (3 elementos) y localizando las fibras en la zona de tensión de las muestras.

Las fibras reducen la intensidad neta de la tensión en la punta de las grietas, aumentando significativamente la tenacidad o resistencia del

espécimen y evitando las fallas catastróficas de las muestras<sup>8</sup>. En este estudio se demostró que el refuerzo con fibras silanizadas ubicadas en la zona de compresión abarcando el largo total del puente incrementó significativamente la resistencia a la fractura. La situación fue diferente en relación a otros estudios donde la ubicación de las fibras fue aleatoria u ocupando sólo la zona del pónico<sup>6</sup>. Los resultados de este estudio mostraron que no hubo un efecto directo con la incorporación de las fibras en la adaptación marginal (promedio 176  $\mu\text{m}$ ) dando valores parecidos a aquellas muestras sin refuerzo (promedio 168  $\mu\text{m}$ ).

## Conclusión

Los resultados de la presente investigación determinaron diferencias significativas a favor del grupo compuesto por puentes provisionales confeccionados con resina bisacrílica reforzados con fibra de vidrio.

La adición de un refuerzo de fibra de vidrio en puentes provisionales de resina bisacrílica resultó en mayores valores de resistencia flexural en comparación con resinas sin refuerzo y PMMA.

Se comprobó que, en este estudio *in vitro*, los especímenes elaborados con resinas bisacrílicas, ya sea con o sin refuerzo de fibra de vidrio, tuvieron un comportamiento mecánico superior al de aquellos que se prepararon con resina acrílica o PMMA en ensayos dinámicos (Resistencia a la Fatiga).

Con respecto a la prueba de Desadaptación Marginal, los puentes reforzados con fibra no presentaron un mejor desempeño que los otros grupos de estudio.

En términos generales, del análisis de las tres variables evaluadas, se concluye que la incorporación de refuerzos de fibra de vidrio para la confección de puentes provisionales de tres elementos confeccionados con resinas bisacrílicas se refleja en mejores propiedades mecánicas de las preparaciones.

## Agradecimientos.

Prof. Dra. Mgter. Mabel Brunotto (análisis estadístico); Dr. Víctor Galván Josa (Pruebas de fatiga en LAMARX-FAMAF) y al Prof. Dr. Ricardo Cabral

*Todos los autores declaran que no existen conflictos potenciales de interés con respecto a la autoría y/o publicación de este artículo.*

*All authors declare no potential conflicts of interest with respect to the authorship and/or publication of this article*

## Referencias

1. Lang R, Rosentritt M, Behr M, Handel G. Fracture resistance of PMMA and resin matrix composite-based interim FPD materials. *Int J Prosthodont.* 2003; 16(4):381-384.
2. Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Vargas MA. Flexural strength of provisional crown and fixed partial denture resins. *J Prosthet Dent.* 2002; 87(2):225-228.
3. Ellakwa AE, Shortall AC, Shehata MK, Marquis PM. The influence of fibre placement and position on the efficiency of reinforcement of fiber reinforced composite bridgework. *Journal of Oral Rehabilitation.* 2001; 28:785-791.
4. Van Heumen CC, Kreulen CM, Bronkhorst EM, Lesaffre E, Creugers NH. Fiber-reinforced dental composites in beam testing. *Dent Mater.* 2008 Nov; 24(11):1435-1443. doi: 10.1016/j.dental.2008.06.006.
5. Lastumaki T, Lassila L, Vallittu P. Flexural properties of the bulk reinforced composite DC-Tell used in fixed partial dentures. *Int J Prosthodont* 2001; 14:22-26.
6. Basant G, Reddy YG. The effect of incorporation, orientation and silane treatment of glass fibers on the fracture resistance of interim fixed partial dentures. *J Indian Prosthodontic Soc* 2011; 11(1): 45-51.
7. Valverde Matta J et al. Fuerzas de oclusión masticatorias, IV ciclo. Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Peruana Los Andes. 2011, pp 5-15.
8. Tjan AH, Castelnuovo J, Shiotsu G. Marginal fidelity of crowns fabricated from six proprietary provisional materials. *J Prosthet Dent.* 1997 May; 77(5):482-485.
9. Norma Internacional ISO-14801. Dentistry-Fatigue test for endosseous dental implants. Geneva, Suiza, 15 de noviembre de 2003.
10. Fahmy NZ, Sharawi A. Effect of two methods of reinforcement on the fracture strength of interim fixed partial dentures. *J Prosthodont.* 2009 Aug; 18(6):512-20. doi:10.1111/j.1532-849X.2009.00468.x.

*Correspondencia a / Corresponding to:*

*Dra. Karina C Lipcen*

*Facultad de Odontología UNC-Córdoba Argentina.*

*Correo electrónico (e-mail): lipcenka@hotmail.com*