

Trabajos Originales:

INFLUENCIA DEL ENVEJECIMIENTO, LA MARCA Y LA UBICACIÓN DE LAS FIBRAS DE REFUERZO EN LA RESISTENCIA FLEXURAL DE LA RESINA COMPUESTA GRADIA™.

Recibido para arbitraje: 08/05/2009

Aceptado para publicación: 31/11/2009

- **T. D. Mujica**, Odontólogo, Especialista en Rehabilitación Bucal. e-mail: tatianamujica@hotmail.com
- **R. A. Ramírez**, Odontólogo. Profesor Asistente de la Facultad de Odontología de la Universidad de Los Andes (Mérida - Venezuela). e-mail: robertramirez@ula.ve
- **J.H. Andrade**, Odontólogo, Especialista en Rehabilitación Bucal, Profesor Asistente de la Facultad de Odontología de la Universidad de Los Andes (Mérida - Venezuela). e-mail: andradejh.ula@hotmail.com

Agradecimiento al CDCHT de la ULA por el financiamiento y soporte prestado para hacer posible esta investigación (Código de proyecto O-132-05-07-E)

Resumen:

La incorporación de fibras de refuerzo a resinas compuestas se ha convertido en una alternativa de tratamiento protésico altamente conservador.

El objetivo de esta investigación fue evaluar la resistencia flexural (RF) de una resina compuesta indirecta reforzada con tres diferentes marcas comerciales de fibras de vidrio, variando su ubicación y sometidas a envejecido físico ó químico.

Materiales y Métodos: Se fabricaron 98 especímenes de resina compuesta Gradia™ (GC-America Inc.) de 22 mm x 2 mm x 3 mm; a 14 muestras no se les colocó fibras (SF), se almacenaron en agua destilada por 60 días, luego se subdividieron en dos grupos de 7 muestras, G1 - SFA y G2 - SFT el cual se sometió a termociclado (3000 ciclos de 5°/55°C en intervalos de 1 min); las otras 84 muestras se reforzaron fibras unidireccionales: 42 muestras para ser almacenadas en agua por 60 días (CFA), divididas en dos sub-grupos de 21, en relación a la ubicación de la fibra en la zona de compresión (CFAC) ó tracción (CFAT); finalmente en tres grupos de 7, dependiendo de la marca; Fibrex-Lab® (Angelus) los grupos G3 - CFACFLab y G6 - CFATFLab, FibreKor® (Jeneric/Penton) los grupos G4 - CFACFKor y G7 - CFATFKor y Vectris® (Ivoclar/Vivadent) los grupos G5 - CFACVectris y G8 - CFATVectris. Las 42 restantes después del almacenamiento en agua se sometieron al termociclado, se dividieron en dos subgrupos de 21, en relación a la ubicación de la fibra en la zona de compresión (CFTC) ó de tracción (CFTT); finalmente se dividió en tres grupos de 7, entonces Fibrex-Lab® conformó los grupos G9 - CFTCFLab y G12 - CFTTFLab, FibreKor® los grupos G10 - CFTCFKor y G13 - CFTTFKor y Vectris® los grupos G11 - CFTCVectris y G14 - CFTTVectris. Las muestras fueron sometidas a la prueba de flexión de tres puntos hasta su fractura, en maquina de pruebas universales (Shimadzu AGS-J) a una velocidad de 1mm/min. Los datos fueron recolectados, tabulados en hoja de cálculo y luego analizados con un estadístico de t de student para determinar diferencias entre los grupos sin fibras y un ANOVA de tres factores, en los grupos reforzados para las variables ubicación de la fibra, método de envejecido y marca comercial.

Resultados: El t de student obtuvo un $p > 0,05$, lo que indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre las medias de RF entre los G1 - SFA y G2 - SFT. El ANOVA mostró individualmente para la posición de la fibra en zona compresiva ($x=946,08$ MPa) vs. traccional ($x=2537,69$ MPa) un $p < 0,05$, el método de envejecimiento por almacenamiento en agua ($x=1862,89$ MPa) más termociclado ($x= 1620,89$ MPa) un $p < 0,05$ y marca de la fibra de refuerzo Fibrex-Lab® ($x=1726,24$ MPa), FibreKor®

($x=1343,74$ MPa), Vectris® ($x=2155,68$ MPa) un $p<0,05$ lo cual nos indica que existen diferencias estadísticas significativas.

Conclusiones: La RF de la resina compuesta indirecta Gradia® no parece estar influenciada por el método de envejecimiento cuando no se utilizan fibras de vidrio para refuerzo, por el contrario cuando se utilizan fibras de vidrio para refuerzo, el método de envejecimiento, la ubicación de la fibras y la marca comercial influyen notablemente en los valores RF de Gradia™.

Palabras Clave: Resistencia flexural, resinas compuestas indirectas, métodos de envejecimiento, resinas compuestas reforzadas con fibras, FRC.

Summary:

The incorporation of reinforce fibers to composite has turned into an alternative of high conservative prosthetic treatment.

The aim of this study was to evaluate the flexure strength (RF) of a indirect reinforce composite using three fiber glass commercial brands, varying the location and submitted to physical o chemical aging.

Materials and Methods: 98 specimen were made of 22 mm x 2 mm x 3 mm Gradia™ resin compound (GC-America Inc.); 14 samples were not reinforce with fiber glass (SF), They were store in distilled water for 60 days then divided in 2 groups of 7 samples, G1 - SFA and G2 - SFT was thermocycled (3000 cycles of 5 °/55°C in intervals of 1 min); the other 82 samples were reinforce with unidirectional fibers: 42 to be stored in distilled water for 60 days (CFA), divided in 2 subgroups of 21, in relation with the localization of the fiber on the compression zone (CFAC) or traction (CFAT); Finally divided in 3 groups of 7, depending on the brand; Fibrex-Lab® (Angelus) the groups G3 - CFACFLab and G6 - CFATFLab, FibreKor® (Jeneric/Penton) the groups G4 - CFACFKor and G7 - CFATFKor and Vectris® (Ivoclar/Vivadent) the groups G5 - CFACVectris and G8 - CFATVectris. The remaining 42 samples after storage in water were submitted to thermocycling, divided in 2 subgroups of 21, in relation with the localization of the fiber on the compression zone (CFTC) or traction (CFTT); Finally divided in 3 groups of 7 then G9 was conformed Fibrex-Lab® CFTCFLab and G12 - CFTTFLab, FibreKor® the groups G10 - CFTCFKor and G13 - CFTTFKor and Vectris® the groups G11 - CFTCVectris and G14 - CFTTVectris. The samples were submitted to the three points flexion test until fracture, in a universal testing machine (Shimadzu AGS-J) to a speed of 1mm/min. The information was gathered, tabulated in spreadsheet and then analyzed with a statistician t of student to determine differences between the groups without fibers and 3 factors ANOVA on the reinforced groups for the varying location of the fiber, aging method and commercial brand.

Results: t of student obtained $p> 0,05$, which indicates that there isn't significant statistical differences between the means of RF between the G1 - SFA and G2 - SFT. The ANOVA showed individually for the position of the fiber in compressive zone ($x=946,08$ MPa) Vs tractional ($x=2537,69$ MPa) a $p<0,05$, the aging method storing the samples in water ($x=1862,89$ MPa) plus termocycling ($x=1620,89$ MPa) a $p<0,05$ and Fibrex-Lab® reinforce fiber ($x=1726,24$ MPa) FibreKor® ($x=1343,74$ MPa), Vectris® ($x=2155,68$ MPa) a $p<0,05$ which indicates that significant statistical differences exist.

Conclusions: The RF of the indirect composite Gradia® does not seem to be influenced by the aging method when glass fibers are not in use for reinforcement, On the contrary when fibers glass are in use for reinforcement, the aging method, the fibers location and the commercial brand influence notably the RF values of Gradia™.

Key words: flexural strength, compound resin, indirect resin composite, aging methods, resin composite reinforced with fibers, FRC.

Introducción:

La prótesis fija convencional confeccionada con metal-porcelana es un tipo de restauración usada para el reemplazo de dientes en la práctica odontológica, aunque continúa exhibiendo algunos inconvenientes como son la dificultad de mantener apariencia natural al cubrir el metal y los efectos de la inestabilidad química del mismo (1,2,) sin embargo este tipo de restauraciones poseen longevidad comprobada. Actualmente las estructuras libres de metal usan materiales cerámicos (3) y ofrecen una alternativa estética para la sustitución de las estructuras metálicas en determinados casos. No obstante, la porcelana libre de metal sigue teniendo un comportamiento mecánico poco predecible ante las fuerzas de cizallamiento debido a su naturaleza frágil y como consecuencia existe un potencial de fractura que pudiera llevar a fracasos tempranos (4). Dada esta situación en la búsqueda de nuevas alternativas a las porcelanas sobre metal ó sin metal; sus complicados procesos de fabricación que muchas veces no están al alcance de todos y a su vez generan costos elevados y mayores posibilidades de error, algunos fabricantes optaron por la opción de reforzar resinas compuestas para técnica indirecta con fibras de vidrios (5,6).

Las resinas compuestas para técnica indirecta poseen algunas ventajas sobre las resinas compuestas de inserción plástica como son una mayor dureza y resistencia al desgaste oclusal (4), posiblemente por que se fabrican en ambientes más controlados.

En la última década estos materiales se han convertido en una alternativa a los tratamientos restauradores convencionales y la porcelana libre de metal, entonces es posible fabricar coronas sobre muñones naturales, artificiales, de implantes y puentes fijos de tramo corto (7). Una indicación apropiada resulta de aquellas situaciones donde la cobertura total de esas piezas signifique un desgaste de tejidos innecesario. Estas coronas ó puentes cortos se fabrican con dos materiales compuestos, las fibras para sustituir la subestructura, que en este caso aumenta la rigidez y la tenacidad de la estructura sustituyendo la aleación colada ó el núcleo de porcelana y las resinas compuestas que sirven para crear la superficie externa la cual reemplaza la porcelana de cubrimiento. Este conjunto recibe el nombre de resina compuesta reforzada con fibras (FRC) (6,8-10).

Las FRC poseen algunas de las características deseables en un material restaurador como son resistencia mecánica de regular a buena, son fáciles de reparar, biocompatibles, desgaste similar a estructura dentaria, las preparaciones dentarias son particularmente pequeñas, estética buena y si se les realiza el mantenimiento requerido tendrán una longevidad aceptable.

En una revisión sistemática publicada recientemente (11), se estimó la tasa de supervivencia en un 73,4% (69,4-77,4%) a los 4,5 años y pero en otra previa (12) los investigadores concluyen que la evidencia es muy variada y no es suficiente para estimar que este tipo de restauraciones pudieran ser una alternativa verdadera a las prótesis fijas convencionales. Sin embargo los materiales bi-compuestos siguen siendo investigados ampliamente posiblemente por el gran potencial de soluciones que ellos posibilitan. El otro problema es que existe es el gran número de marcas y muchas de ellas salen del mercado antes que se tengan los datos de su desempeño clínico, entonces los productos que se mantienen y están altamente popularizados se deben seguir investigando buscando las mayores posibilidades en los mismos.

El objetivo de la presente investigación es determinar a través de observación directa la resistencia flexural de una resina compuesta Gradia™ de fabricación indirecta reforzada con tres diferentes marcas comerciales de fibras de vidrio, variando su ubicación y sometidas a envejecido físico ó químico.

Materiales y Métodos:

Se fabricaron 98 especímenes de resina compuesta Gradia™ Dentin DA4 (GC-América Inc.) de 22 mm de largo x 2 mm de alto x 3 mm de ancho en dos grupos experimentales:

El primero conformado por 14 muestras a las cuales no se les colocó filamentos de fibras (SF), luego se

subdividieron en dos grupos de 7 muestras, G1 - SFA y G2 - SFT el cual se sometió a termociclado.

El segundo grupo experimental, las 84 muestras fueron reforzada con fibras de vidrio unidireccionales de la siguiente manera: 42 muestras que fueron almacenadas en agua (CFA), estas a su vez se dividieron en dos subgrupos de 21 muestras, de acuerdo a la ubicación de la fibra en la zona de compresión (CFAC) ó en la zona de tracción (CFAT); finalmente cada sub grupo fue dividido en tres sub - grupos de 7 muestras, dependiendo de la fibra utilizada; entonces Fibrex-Lab® (Angelus) conformó los grupos G3 - CFACFLab y G6 - CFATFLab, FibreKor®4 (Jeneric/Penton) los grupos G4 - CFACFKor y G7 - CFATFKor y Vectris® (Ivoclar/Vivadent) los grupos G5 - CFACVectris y G8 - CFATVectris. Las otras 42 muestras además del almacenamiento en agua, se sometieron a termociclado, ellas a su vez se dividieron en dos subgrupos de 21 muestras, de acuerdo a la ubicación de la fibra en la zona de compresión (CFTC) ó en la zona de tracción (CFTT); finalmente cada sub grupo fue dividido en tres grupos de 7 muestras, dependiendo de la fibra utilizada; entonces Fibrex-Lab® (Angelus) conformó los grupos G9 - CFTCFLab y G12 - CFTTFLab, FibreKor®4 (Jeneric/Penton) los grupos G10 - CFTCFKor y G13 - CFTTFKor y Vectris® (Ivoclar/Vivadent) los grupos G11 - CFTCVectris y G14 - CFTTVectris.

Elaboración de las muestras:

En primer lugar se realizó la estandarización del volumen de los filamentos de fibras de vidrio dentro de un molde de silicona de 18 mm de largo x 1 mm de alto x 2 mm de ancho; sobre loseta de vidrio, la manipulación fue realizada según las instrucciones del fabricante. Cada fibra utilizó el adhesivo/resina de unión que provee el fabricante, Adhesivo-F® para Fibrex-Lab® (Angelus); Resina FibreKor® para FibreKor®4 (Jeneric/Pentron) y Resina Liner 200 SR Adoro® para Vectris® (Ivoclar/Vivadent). Se colocaron los filamentos dentro del molde prefabricado y se polimerizaron por 20 segundos cada zona, con unidad halógena de luz visible Astralis 3 (Ivoclar/Vivadent) a una intensidad comprobada de 550 mW/cm², luego estas fibras de vidrio polimerizadas se refinaron con papel de lija húmedo de grano 400, posteriormente estos filamentos fueron arenados con un microarenador Bio-art® y óxido de aluminio de 50 µm a una presión de 15 lbs/pulg², lavados en baño ultrasónico Pro-Sonic® Assistant (Chemists Sultan®) con alcohol absoluto por 45 segundos, secados y silanizados con Silano (Angelus®).

Seguidamente los especímenes definitivos se fabricaron utilizando un molde de acero inoxidable con las siguientes dimensiones 22mm de largo x 2mm de alto x 3mm de ancho, en el cual se ubicó una capa delgada de aproximadamente 1mm de espesor de resina compuesta Gradia™ y luego los filamentos pre-polimerizados y tratados se ubicaron y foto polimerizaron 40 segundos en cada parte y en cada incremento posterior de resina compuesta hasta llenar el molde, posteriormente las muestras fueron sometidas a una polimerización extra por 5 min dentro de un horno de polimerización LABOLIGHT LV-III® (GC-América). Finalmente cada espécimen se refinó con secuencia de grano (400, 600, 1200 3M/ESPE) de papel de lija húmedo, verificado con calibrador digital (Digital Capiler®, VTVS Tools Profesional).

Envejecido de las muestras:

Envejecido por almacenamiento en agua.

Todos los grupos fueron sometidos a almacenamiento en agua dentro de bolsas plásticas con sellado hermético en un medio acuoso (agua destilada) durante un tiempo de 60 a 37°C aproximadamente.

Envejecido por termociclado.

Los grupos G2 -SFT, G9 - CFTCFLab, G10 - CFTCFKor, G11 - CFTCVectris, G12 - CFTTFLab, G13 - CFTTFKor, y G14 - CFTTVectris adicionalmente fueron sometidos a un régimen de termociclado corto de tres mil (3.000) ciclos entre 5°C-55°C con intervalos de 60 segundos monitoreado constantemente con termocuplas Fluye 52K/J® (John Fluye MFG C, O. Inc).

Prueba de Resistencia Flexural:

Las muestras de cada uno de los grupos fueron sometidas a la prueba de flexión de viga de tres puntos

hasta su ruptura, en una maquina de pruebas universales (Shimadzu AGS-J) a una velocidad de 1mm/min. Los datos fueron recolectados en hoja de cálculo diseñada para correr la ecuación matemática de resistencia flexural (Ver ecuación RF). Los resultados obtenidos fueron analizados con un estadístico t de student para determinar diferencias entre los grupos sin fibras y un análisis ANOVA de tres factores, para el resto de los grupos en donde se compararon las variables ubicación de la fibra, método de envejecido y marca comercial. Se usaron los paquetes estadísticos contenidos en los software Statgraphigs versión 5.1 y Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 13.0.

Ecuación RF:

Resistencia flexural:

$$\sigma = 3FL / 2BH^2$$

Donde:

F: fuerza máxima en Newtons

L: distancia entre soportes en mm

B: ancho en mm

H: altura en mm

D: deflexión en mm

Resultados:

Se realizo una comparación de medias de RF (Contraste t) de las muestras de resina compuesta sin fibras de vidrio G1 - SFA y G2 - SFT, para dos muestras independientes asumiendo varianzas iguales Ver Tabla 1

TABLA 1.
CONTRASTE t DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE LAS MUESTRAS DE RESINA COMPUESTA GRADIA™, ENTRE LOS GRUPOS SIN FIBRAS DE REFUERZO G1 - SFA y G2 - SFT

	t	G.L	SIG. (BILATERAL)
Resina Compuesta	1,23699	12	0,239753

En la tabla 1, el valor del estadístico t es 1,23699, lo cual indica un $p > 0,05$; es decir que el G1 - SFA y G2 - SFT son iguales.

Posteriormente se realizo un Análisis de Varianza (ANOVA) de tres Factores para analizar el efecto del termociclado, la posición de la fibra en zona de compresión ó tracción y la marca comercial en la variable Resistencia Flexural de las muestras reforzadas con fibras. Ver Tabla 2

TABLA 2.
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA RESISTENCIA FLEXURAL,
ENTRE LOS GRUPOS CON FIBRAS DE REFUERZO.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	DE G.L	CUADRADO MEDIO	COEFICIENTE F	P-VALOR
Efectos principales					
A: Termociclado	1,21306E+06	1	1,21306E+06	8,87	0,0040
B: Posición	5,24686E+07	1	5,24686E+07	383,61	0,0000
C: Marca	9,05985E+06	2	4,52992E+06	33,12	0,0000
Interacciones					
A*B	266307,0	1	266307,0	1,95	0,1673
A*C	540790,0	2	270395,0	1,98	0,1460
B*C	6,57298E+06	2	3,28649E+06	24,03	0,0000
A*B*C	196089,0	2	98044,3	0,72	0,4918
Residuos	9,71104E+06	71	136775,0		
TOTAL (CORREGIDO)	8,08718E+07	82			

En la tabla 2, se muestra el análisis de varianza clásico de los tres factores de este estudio, entre los efectos principales: **Termociclado, Posición de la Fibra y Marca Comercial**, los hechos de interacción doble y el efecto de interacción triple.

En la columna P-VALOR, se indica que cada uno de los tres Factores vistos individualmente influyen en la Resistencia Flexural, ya que sus valores son de $p < 0,05$ (0,0040 termociclado; 0,0000 Posición y 0,0000 Marca. Por otro lado, con excepción de las interacción Posición y marca (B*C) el resto de las interacciones no son significativas (los P-VALOR son mayores de un $\alpha = 0,05$). Así que, estos dos factores: Posición y Marca, no se pueden interpretar en forma independiente, se debe hacer en forma conjunta.

Dado que el factor Termociclado no presenta ninguna interacción estadísticamente significativa con ningún otro factor, se debe analizar su efecto sobre la Resistencia Flexural en forma independiente.

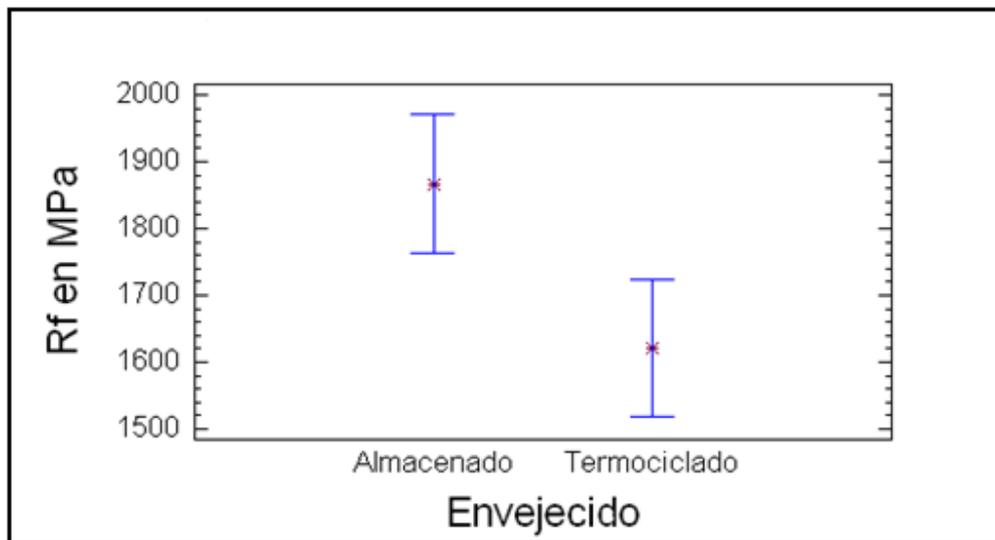
La tabla 3 muestra el Contraste Múltiple de Rangos para la Resistencia Flexural según Termociclado y allí se indica que en promedio es mayor la Resistencia Flexural cuando no se realiza el termociclado Ver Fig. 1.

TABLA 3.
CONTRASTE MÚLTIPLE DE RANGOS PARA RESISTENCIA FLEXURAL SEGÚN
TERMOCICLADO.

	RECuento	MEDIA LS	SIGMA LS	GRUPOS HOMOGENEOS
ConTermo	42	1620,89	57,0662	X
SinTermo	41	1862,89	57,8534	X
Contraste		Diferencia		+/- Limites
ConTermo - SinTermo		*-242,006		162,033

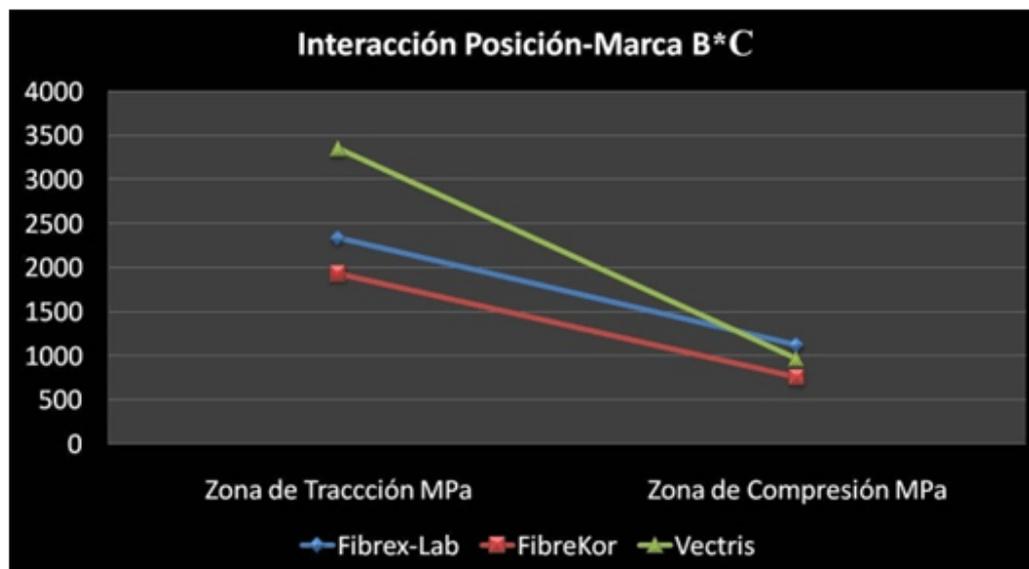
* Indica una diferencia significativa

FIG 1.
MEDIAS E INTERVALOS DE CONFIANZA CON Y SIN TERMOCICLADO



Para finalizar en la Fig. 2 se puede observar la interacción significativa Posición y Marca; en donde se sugiere que las tres marcas comerciales de Filamentos de Fibras de Vidrio (**Vectris®**, **FibreX-Lab®**, **FibreKor®**) aumentan la resistencia flexural cuando se ubican en la posición de tracción ó inferior, además la marca Vetris/Ivoclar provee mayor RF en la posición Inferior. Respecto a la posición de compresión ó Superior en donde la marca FibreX-Lab/Angelus es la provee mayor RF y la marca FibreKor/Jeneric es la de ofrece menor RF en cualquier posición.

FIG 2.
INTERACCIÓN SIGNIFICATIVA: POSICIÓN Y MARCA (B*C).



Discusión:

En este estudio se evaluó la influencia en la resistencia flexural de muestras de resina compuesta con y sin refuerzo de fibras de vidrio de diferentes fabricantes ubicadas en dos posiciones (zona de compresión y zona de tracción) bajo dos regímenes de envejecimiento (almacenamiento en agua y termociclado). Para ello se realizó un diseño experimental en donde se aplicó la prueba de viga de tres puntos ya que es la prueba estandarizada más usada para estudiar la distribución de tensiones dentro de las resinas compuestas reforzadas (8,13-16). Las fuerzas en esta prueba normalmente se dirigen en una dirección (13), no obstante se generan tres diferentes tipos de tensiones dentro de las muestras que simulan lo que ocurriría *In Vivo*.

El análisis estadístico aplicado al grupo de muestras que no se reforzaron, muestra que el termociclado adicional de 3.000 ciclos no influye en la resistencia flexural de la resina compuesta Gradia™; este resultado es similar a otros reportados previamente (14, 17). Estos investigadores, notaron que las resinas compuestas sin refuerzo presentan estabilidad en la resistencia flexural hasta 5.000 ciclos, sin embargo, observaron que posterior a este número de ciclos hay una disminución en la resistencia flexural entre el 31% al 41% respectivamente. Esta disminución, sucede debido a que las repetidas fluctuaciones en los gradientes térmicos generan tensiones a nivel de las distintas interfaces que superan las fuerzas cohesivas dentro del material, estas a su vez inducen la formación de micro fracturas ó fallas en la unión de la matriz y el relleno. Por otro lado la resina compuesta Gradia™ tiene un alto porcentaje de relleno inorgánico optimizado con partículas prepolimerizadas que según el fabricante que pudiera aumentar la resistencia flexural. Esto se relaciona con observaciones previas (14,18) donde los investigadores hallaron un comportamiento flexural mejorado en las formulaciones para técnicas indirectas.

Para las muestras reforzadas con fibras de vidrio se realizó una correlación de los siguientes factores: método de envejecido, ubicación de la fibra de refuerzo y marca comercial. Después de aplicar el estadístico se pudo evidenciar que los tres factores tienen influencia en la resistencia flexural, además cuando se revisaron las interacciones entre dos y tres factores se observó que la interacción, ubicación de la fibra de refuerzo y marca comercial influye en la resistencia flexural. Se pudo observar que los valores de resistencia flexural aumentan significativamente cuando la fibra se ubica en la parte inferior del

espécimen ó zona de tracción. En este punto es importante recordar que en una muestra sometida a flexión se presentan tres tipos de tensiones; compresivas en la parte superior, de corte en la zona central y traccionales en la parte inferior. La mayor eficacia del reforzamiento se explica ya que al colocar los filamentos de fibra de vidrio en la zona de tracción se evita el inicio temprano de la falla en el espécimen, entonces las tensiones generadas se hacen paralelas y dirigidas en el mismo sentido de ubicación de las fibras, lo que evita la rápida propagación de una falla cohesiva en el bloque de resina que esta siendo sometido a carga, ya que las tensiones se distribuyen a lo largo de la fibra. Así lo reconocen Ellawka y colaboradores¹³, que dicen que se el refuerzo en la parte inferior genera un compuesto de mayor tenacidad, capaz de absorber mas energía lo que minimiza la falla instantánea ó catastrófica.

Otros elementos importantes que se pudieron observar están relacionados con la influencia de la marca comercial y la ubicación de la fibra de refuerzo; en ambas ubicaciones la fibra de refuerzo FibreKor® mostró los valores mas bajos en resistencia flexural, en cuanto a las otras dos marcas Vectris® obtuvo el mejor desempeño cuando estaba en la parte inferior y Fibrex-Lab cuando estaba en la parte superior. El comportamiento disminuido de FibreKor® se pudiera explicar por que aunque se trato de estandarizar el volumen de fibras por marca, en esencia FibreKor® poseen según los datos suministrados por el fabricante menor porcentaje de fibras por volumen; entonces esto concuerda con hallazgos previos en donde el porcentaje de fibras por volumen de resina determinó de manera significativa el comportamiento flexural de las resinas compuestas reforzadas (19). El envejecimiento no tuvo ninguna interacción significativa con la ubicación y la marca comercial, sin embargo influye de forma independiente y de manera negativa, en la resistencia flexural, lo cual concuerda con resultados publicados anteriormente (16, 18). Los especímenes sometidos a termociclado fueron expuestos inicialmente a almacenamiento en agua por un periodo de sesenta días, esto indica que todos estaban saturados de agua; entonces la disminución en las propiedades flexurales se puede atribuir a dos factores, la absorción de agua por parte de la matriz polimérica; que en las resinas compuestas conlleva a un estado conocido con el nombre de plastificación (20). La disminución de propiedades esta también relacionada con la diferencia de coeficiente de variación térmica dimensional de los elementos del material bi-compuesto (16). El almacenamiento en agua influye negativamente debido a la absorción por difusión de agua facilitada por la polaridad de las cadenas poliméricas y eso moviliza a las moléculas de agua ha ocupar espacios dentro de las cadenas poliméricas por lo que la cadena polimérica es forzada a separarse (4). El principal componente de la matriz de resina son cadenas poliméricas, por lo tanto la absorción de moléculas de agua causa movilidad de las mismas. Este aumento en la movilidad tiene un impacto directo en las propiedades mecánicas, entre las cuales se encuentra la resistencia flexural.

Con respecto al envejecido por termociclado, cuando ocurren los cambios violentos de temperatura entre 5°C y 55°C se generan tensiones térmicas dentro de las muestras que inducen la degradación la interfase resina compuesta - fibra de refuerzo (16). Estas tensiones aparecen debido a que las fibras de vidrio poseen un coeficiente de expansión térmica dimensional mucho menor que el de la matriz polimérica. Estas diferencias llevan a la acumulación de tensiones en la interface durante el proceso de termociclado llevando a la falla temprana en las interfaces y la consecuente disminución de la resistencia flexural cuando las muestras son sometidas a tensiones flexurales.

Conclusiones:

Bajo las condiciones de este estudio se concluye que:

- El envejecimiento por almacenamiento en agua más termociclado no influye en las propiedades flexurales de la resina compuesta Gradia™, cuando no se utilizan fibras de refuerzo.
- El comportamiento flexural mejora cuando la fibra de refuerzo se posiciona en la parte inferior ó zona de tracción de las muestras de resina compuesta Gradia™.
- El envejecimiento por régimen de termociclado de 3000 ciclos disminuye la resistencia flexural de las resina compuesta Gradia™ independientemente de la marca de la fibra de refuerzo.

- En relación a la marca de fibra de refuerzo, FibreKor® muestra el peor desempeño en ambas ubicaciones, Vectris® mejora la resistencia flexural cuando se ubica en la parte inferior en tanto Fibrex-Lab® lo hace cuando se ubica en la zona de compresión.

Referencias Bibliográficas:

1. Freilich M., Karmaker A., Burstone C., Goldberg J.: Development and clinical applications of a light-polymerized fiber-reinforced composites. *Journal Prosthetic Dentistry*. (1998); 80(3):311-318.
2. Nakamura T., Ohyama T., Waki T., Kinuta S., Wakabayashi K., Takano N., Yatani H.: Finite element analysis of fiber--reinforced fixed partial dentures. *Dental Materials Journal*. (2000); 24(2):275-279.
3. Takahashi J., Iwasaki N.: Effect of test method on flexural strenght of recent dental ceramics. *Dental Material Journal*. (2004); 23:490-496.
4. Anusavice K.: *Ciencia de los Materiales Dentales de Phillips*. 11º Edition, México: McGraw- Hill. (2004).
5. Freilich M., Meiers J.C., Duncan J.P., Goldberg J.A.: *Fiber-Reinforced Composites in clinical Dentistry*. Illinois, Estados Unidos: Quintessence Publishing. (2000).
6. Bottino M.A., Ferreira A., Miyashita E., Giannini V.: *Estética en Rehabilitación Oral Metal Free*. Brasil: Artes Medicas Latinoamericana. (2001).
7. Vallitu P.K., Sevelius C.: Resin-bonded, glass fiber-reinforced composites fixed partial dentures: A clinical study. *Journal Prosthetic Dentistry*. (2000); 84:413-418.
8. Ellakwa A., Shortall A., Shehata M., Marquis P.: Influence of veneering composite composition on the efficacy of Fiber-Reinforced restorations (FRR). *Operative Dentistry*. (2001); 26(5):467-475.
9. Aschhim K., Dale B.: *Odontología Estética. Una aproximación clínica a las técnicas y los materiales*. 2da. Edición. Madrid, España: Ediciones Harcourt. (2002).
10. Bae Ji-Myung, Kim Kyoung-Nam, Hattori Masayuki, Hasegawa Koji, Yoshinari Masao, Kawada Eiji, Oda Yutaka.: Fatigue strengths of particulate filler composites reinforced with fibers. *Dental Materials Journal*. (2004); 23(2):166-174.
11. Celeste C.M., van Heumen, Cees M.K., Nico H.J.C.: Clinical studies of fiber-reinforced resin-bonded fixed partial dentures: a systematic review. *Eur J Oral Sci*.(2009); 117: 1-6
12. Jokstad A., Gokce M., Hjortsjo C.: A systematic review of the scientific documentation of fixed partial dentures made from fiber-reinforced polymer to replace missing teeth. *Int J Prosthodont*. (2005); 18: 489-496.
13. Ellakwa A., Shortall M., Shehata M., Marquis P.: The influence of fibre placement and position on the efficiency of reinforcement of fibre reinforced composite bridgework. *Journal of Oral Rehabilitation*. (2001); 28: 785-781.
14. Kawano F., Ohguri T., Ichikawa T., Matsumoto N.: Influence of thermal cycles in water on flexural strength of laboratory-processed composite resin. *Journal of Oral Rehabilitation*. (2001); 28: 703-

707.

15. Ucar A.: Aumento de la resistencia a la flexión de las resinas al incorporar refuerzo con fibras de vidrio unidireccionales. Trabajo Especial de Grado. Universidad Santa Maria, Caracas-Venezuela. (2003).
16. Meriç G., Ruyter E.: Effect of thermal cycling on composites reinforced with two differently sized silica-glass fibers. *Dental Materials*. (2007); 23:1157-1163.
17. Janda R., Roulet J.F., Latta M., Rüttermann S.T.: The effects of thermocycling on the flexural strength and flexural modulus of modern resin-based filling materials. *Dental Materials*. (2006); 22:1103-1108.
18. Göhring T., Gallo L., Lüthy H.: Effect of water storage, thermocycling, the incorporation and site of placement of glass-fibers on the flexural strength of veneering composite. *Dental Materials*. (2005); 21:761-772.
19. Lassila L., Nohrström T., Vallitu P.: The influence of short-term on the flexural properties of unidirectional glass fiber-reinforced composites. *Biomaterials*. (2002); 23:2221-2229.
20. De Munck J., Van Landuyt K., Peumans M., Poitevin A., Lambrechts P., Braem M., Van Meerbeek B.: A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *Journal Dental Research*. (2005); 84(2): 118-132.