

Relación entre la morfología y el tipo de relleno con las propiedades flexurales de los composites.

Introducción:

Las resinas reforzadas son actualmente materiales de elección en el momento de realizar restauraciones de inserción plástica, por motivos tan variados como las características ópticas, longevidad aceptable, posibilidad de conservación de tejidos, adhesión relativamente consistente a estructura dentaria¹, generando así un aumento de la demanda por parte de los pacientes^{2,3}.

Las propiedades mecánicas son un factor importante al momento de realizar cualquier tipo de restauración ya que existe una correlación entre dichas propiedades, el uso y el desempeño clínico¹. Entonces el requerimiento por determinado tipo de restauración se convierte en un punto de conflictivo. Lo que sí está claro hasta el momento es que las propiedades dependen principalmente de la microestructura y la composición de los materiales; por eso la cantidad, el tamaño, la morfología y la distribución de partículas de relleno⁴ son críticos al momento de elegir.

Los composites han sido clasificados usando varios criterios; siendo uno de los más frecuentes la relación con el tamaño, cantidad y distribución del refuerzo cerámico. Sin embargo, **Willems y colb en 1992, Kim y colb en 2002**, han propuesto que la morfología del relleno debería ser otro factor a ser investigado, ya que este afecta la tasa de carga del composite, además de la forma en cómo se absorbe y se propagan **la fracturas**.

Es por eso que esta investigación se planteo como “**objetivo**” determinar la relación y el valor predictivo de las clasificaciones por **morfología** y por **tamaño/distribución** del relleno con las propiedades **flexurales de los composites**.

Materiales y Métodos:

Se utilizaron trece composites (13) directos, de ocho (8) fabricantes diferentes y se realizaron 20 probetas por grupo. Para llevar a cabo la elaboración de las muestras se siguió la norma ISO 4049/2000 para **resistencia flexural** y la especificación 27 de ANSI/ADA, para determinar el **módulo flexural**; para ello se confeccionaron las muestras en un molde de aluminio estandarizado en 25x2x2 mm. La colocación del composite dentro del conformador de aluminio se realizo en incrementos de ± 2 mm, los cuales se fotopolimerizaron x 40 segundos con una unidad de luz

halógena (Dentamerica®) a una intensidad de 400 mW/cm², después de salir del molde cada muestra fue devastada con papel de lija húmedo de grano 400. Seguidamente se almacenaron en agua destilada x 24 horas en estufa a 37°C. Luego fueron sometidas al test de flexión de tres puntos en una máquina de pruebas universales (INSTRON 1011) a una velocidad de 1 mm/min, hasta que ocurrió la fractura. Los datos obtenidos fueron guardados en hoja de cálculo y procesados para obtener los valores de RF en Mega Pascal y MF en Giga Pascal, para cada probeta.

Paralelamente: Se hizo una revisión de datos técnicos suministrados por los fabricantes para poder realizar la clasificación de los composites según el Tamaño y distribución de partículas.

Para clasificar los composites según la morfología del relleno, se fabricaron nuevas probetas para ser llevadas a observación en microscopio electrónico de barrido MEB, del Centro de Microscopias Avanzadas de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de Buenos Aires. Posterior a la preparación de la muestra; se tomaron 4 series de fotografías a diferentes magnificaciones (500x, 2.000x, 10.000x, 20.000x), y finalmente con el análisis de esas fotografías se obtuvo la clasificación según la morfología.

Aquí quedaron clasificados los composites según ambos criterios.

Para el análisis estadístico las variables predictivas como la morfología, el tamaño y distribución de partículas en cada uno de sus niveles se llevó a escala nominal dicótoma (presente/ausente) y las variables dependientes RF y MF se midieron en escala numérica continua.

Los datos fueron analizados con un coeficiente de regresión lineal para análisis multivariado; y el valor de alfa quedó pre-establecido en igual ó menor $\alpha \geq 0,05$.

Resultados:

Para Resistencia flexural:

- El ANOVA para la regresión lineal RF dependiente, mostró una correlación estadísticamente significativa con un valor $p=0,000$.
- El coeficiente de correlación de Pearson fue positivo con un valor de 0,608 y el coeficiente de determinación corregido fue de 0,355

- En el modelo de regresión, la constante ajustada se ubico en un valor de 120,143 y las pendientes significativas en **17,25** para Morf/Esferi; **-16,45** para Morf/Irreg+Prep; **-32,38** para Tam/Dist microrrelleno y **-23,38** para Tam/Dist nano-rell).

Para Módulo flexural:

- El ANOVA para la regresión lineal MF dependiente, mostró una correlación estadísticamente significativa con un valor $p=0,000$.
- El coeficiente de correlación fue positivo con un valor de 0,834 y el coeficiente de determinación corregido fue de 0,689.
- En el modelo de regresión, la constante ajustada se ubico en un valor de 8,841 y las pendientes significativas en **5,28** para Morf/Esferi; **-3,40** para Morf/Irreg+Prep; **-4,21** para Tam/Dist microrrelleno; **0,89** para Tam/Dist nano rell, **0,94** para Tam/Dist hibri y **2,94** para Tam/Dist nano-hibri).
- De ambos modelo quedo excluida la variable predictiva **Morfología/Irregulares.**

Discusión:

La clasificación de morfología del relleno, se verifico con MEB ya que es un método valido y ampliamente usado en los estudios de cuantificación ¹¹, y la clasificación en relación al tamaño y distribución de partículas no se verifico con algún método confiable.

Las pruebas flexurales contribuyen a predecir el comportamiento ante las fuerzas que inducen las fracturas, estiman la tenacidad y la rigidez del composite. Para el cálculo del comportamiento mecánico flexural se uso la prueba de viga de tres puntos, ya que esta metodología experimental es mundialmente aceptada porque es fácilmente reproducible y sirve a los propósitos comparativos. ¹³⁻¹⁵

El módulo elástico connota rigidez del material; esta rigidez es una característica importante del material porque influye directamente en la selección cuando predomina el requerimiento mecánico, que es mayor en restauraciones de mediano tamaño ubicadas en zonas de contactos proximales, oclusales y cuando se van a reemplazar los ángulos incisales ó actuar como medio de conexión **radicular.**

Encontramos una correlación entre la Resistencia Flexural y las predictivas, sin embargo solo explican 35,5 % de la variable, por lo tanto entendemos que existen otras variables que influyen

en ese comportamiento. Se pudo observar que las diversas predictivas influyen de manera diferente tanto en peso como en dirección. La presencia de formas esféricas aumentan la propiedad y el resto de las predictivas la disminuyen. Esto pudiera explicarse por la menor cantidad de relleno en relación a la matriz, que está presente en aquellos composites con partículas de menor tamaño, dado al aumento del área de superficie a ser cubierta por la matriz²²⁻²⁷, también estas partículas parecen ser menos eficientes evitando la propagación de la fractura. Podemos especular que en la morfología esférica al tener una forma más regular distribuiría más eficientemente la carga y las tensiones inducidas sobre el material. En relación a los composites **Tamaño y Distribución micro - relleno**, creemos que al estar la matriz de pre-polímeros ya polimerizada con un alto grado de conversión, se afectaría la fuerza de unión con el resto de matriz polimérica no endurecida, lo que llevaría a propiedades mecánicas inferiores.

Finalmente al ver el modelo para Módulo Flexural, observamos una buena correlación, con un peso del 68,9%, lo que nos indica la posibilidad de predecir el comportamiento de elástico. En general se observó que las diversas predictivas influyen de manera diferente tanto en peso como en dirección. Pudimos ver que la presencia de **Morfología esférica**, los **Nano_ híbrido**, en menor medida el **Híbrido** y **Nano_relleno** aumentan esta propiedad. Las otras significativas la disminuyen. Pudiéramos decir que los composites con partículas esféricas y distribución Híbridas aumentan los valores de Rigidez. Aquí es interesante hacer notar que si bien los **nano_rellenos** disminuyen considerablemente la **Resistencia Flexural**, no pareciera ser así con el **Módulo**, lo que sugiere que la forma esférica de los aglomerados son determinantes en la rigidez del material. Los resultados son similares a los encontrados por Kim y colaboradores en 2002¹¹, Rodrigües y colaboradores en 2007⁴, **Beun y colaboradores en 2007²⁸**.

Conclusión: En las condiciones que se realizó esta investigación se observó una correlación positiva entre las clasificaciones por Morfología y Tamaño /Distribución con las propiedades flexurales, con cuatro predictivas comunes (M/Es, M/I+P, T/Dm-r, T/Dn-r) y dos adicionales para MF (T/Dh, T/Dn-h).