

# RESTAURACIONES DE RESINAS COMPUESTAS REFORZADAS CON FIBRA.

Una elección biomimética

*Fiber reinforced composite restorations. A biomimetic choice*

POR

LUIS ALONSO **CALATRAVA ORAMAS**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Educación Continua de la Facultad de Odontología. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela

**Autor de correspondencia:** Luis Alonso Calatrava Oramas. Departamento de Educación Continua de la Facultad de Odontología Universidad Central de Venezuela Caracas, Venezuela.

[icalatravo@hotmail.com](mailto:icalatravo@hotmail.com)

## Resumen

La restauración ideal de los dientes con lesiones del sector posterior, con resinas compuestas, ha sido amplia y controversial en la literatura. Factor esencial es lograr la estabilización de la integridad de la restauración dental, aumento de la cantidad de superficies adecuadas para la adhesión, evitar el riesgo de una falla biomecánica y, por lo tanto, lograr éxito a largo plazo. Sin embargo, algunas de las limitaciones de su función, como la contracción por polimerización bajo tensión y la microfiltración resultante, siguen siendo una preocupación importante. Además, la baja capacidad de carga dificulta su uso en restauraciones grandes que soportan estrés; por lo tanto, se deduce que existe una necesidad considerable de mejorar las propiedades mecánicas, conservando al mismo tiempo las propiedades estéticas. El objetivo de esta revisión narrativa es presentar una descripción general y brindar una comprensión detallada de un nuevo material recientemente recomendado para restaurar grandes cavidades bajo el enfoque biomimético: resinas compuestas reforzadas con fibras, como reemplazo de dentina, que tienen el potencial de mejorar sus propiedades mecánicas, sin afectar el grado de conversión.

**PALABRAS CLAVE:** dimensiones de la cavidad MOD; resistencia a la fatiga; máxima resistencia a la fractura. “compuesto reforzado con fibra corta”, “restauraciones de resinas compuestas reforzadas con fibra”.

## Abstract

The ideal restoration of teeth with posterior sector lesions, with gate resins, has been extensive and controversial in the literature. Essential factor is to achieve stabilization of the integrity of the dental restoration, increase the number of surfaces suitable for adhesion, avoid the risk of biomechanical failure and, therefore, achieve long-term success. However, some of the limitations of its function, such as stress polymerization shrinkage and resulting microleakage, remain a major concern. In addition, the low load capacity makes it difficult to use in large, stress-bearing restorations; therefore, it follows that there is a considerable need to improve mechanical properties while preserving aesthetic properties. The aim of this narrative review is to present an overview and provide a detailed understanding of a new material recently recommended for restoring large cavities under the biomimetic approach: fiber reinforced composites, as dentin replacement, which have the potential to improve its mechanical properties, without affecting the degree of conversion.

**KEY WORDS:** MOD cavity dimensions; fatigue resistance; maximum resistance to fracture. “short fiber reinforced composite”, “fiber reinforced composite resin restorations”.

Por sus numerosas ventajas, las resinas compuestas se han utilizado ampliamente en odontología desde su desarrollo a fines de la década de 1950. A principios de los años 90, se registra la indicación de estos materiales para reconstrucciones del sector posterior; tenían grandes partículas de relleno de cuarzo y los resultados iniciales fueran restauraciones ásperas, rugosas y difíciles de pulir<sup>1,2</sup>. El siglo actual ha súbitamente impuesto un nuevo paradigma con respecto a los estándares esperados para el cuidado bucal del paciente; los increíbles avances en la investigación de materiales dentales se han enfocado en la capacidad de lograr restauraciones adhesivas estéticas, por técnicas directas o indirectas<sup>3</sup>.

Han surgido una variedad de materiales en respuesta a las necesidades cada vez mayores expresadas por los odontólogos, que ofrecen muchas ventajas, incluida estética y adaptación; son una mezcla de resina polimérica (generalmente a base de dimetacrilato), rellenos de refuerzos y fotoiniciadores/coincinadores para promover la reacción de polimerización<sup>4</sup>. Huang *et al.*<sup>5</sup>, han sugerido que solo los rellenos, que permiten la transmisión de luz de alta potencia son los más adecuados como refuerzo; además de tener valores de resistencia más altos, la transmisión de luz óptima también es importante, porque allanan el camino para que la cantidad de monómeros se conviertan en polímeros durante la reacción de fotopolimerización<sup>6</sup>.

Un método recientemente recomendado para restaurar grandes cavidades es el enfoque biomimético de usar resinas compuestas reforzadas con fibras cortas (FRC) como reemplazo de dentina; son materiales elaborados de una matriz polimérica, reforzada por fibras finas y delgadas, en monómeros polimerizados, con la función de mantener las fibras juntas en la estructura del material<sup>7</sup>.

Las fibras poseen una alta resistencia mecánica y estabilidad química; tienen un índice de refracción similar a la de la resina, facilitando la transmisión de la luz de manera efectiva. En consecuencia, tienen el potencial de mejorar las propiedades mecánicas de las resinas compuestas sin afectar el grado de conversión<sup>8</sup>.

La odontología basada en evidencia es un estándar fundamental de la profesión, de manera de perfeccionar el servicio clínico. Por lo tanto, el objetivo de esta revisión narrativa es presentar una descripción general de FRC y brindar una comprensión detallada de este nuevo material y estrategia de tratamiento, en función de la revisión de la literatura disponible. Se realizó una búsqueda bibliográfica hasta diciembre de 2022. Se examinaron publicaciones relevantes utilizando PubMed y Google Scholar. De los resultados de la búsqueda, se consideraron artículos relacionados con nuestros términos de búsqueda; “compuesto reforzado con fibra corta” y “restauraciones de resinas compuestas reforzadas con fibra”.

## **Desafíos de las resinas compuestas en el sector posterior**

Las resinas compuestas tienen limitaciones que requieren una cuidadosa consideración durante su uso, entre ellos, la contracción de la polimerización, la sensibilidad de la técnica, la dificultad para crear contactos proximales efectivos y la biodegradación a largo plazo, que requieren una atención meticulosa en todos los procedimientos clínicos.

No existe un material ideal disponible para el clínico, pero según las características de sus partículas de relleno (tamaño, contenido, geometría y composición), las resinas compuestas se dividen en varias categorías, como híbridos, fluidos, empacables, microrrelleno y macrorrelleno<sup>9</sup>; en todas ellas es importante la transmisión de luz óptima, para que la cantidad de monómeros se conviertan en polímeros durante la reacción de fotopolimerización; un menor grado de conversión (DC) generalmente se asocia con propiedades mecánicas y físicas disminuidas<sup>10,11</sup>.

Durante el proceso de curado las resinas modernas han mostrado una contracción volumétrica, que generan tensiones, en la interfaz entre la restauración y el diente dando lugar a espacios internos, marginales, microfisuras del material de restauración y de la estructura del diente (o de ambos) y movimiento de las cúspides y pérdida de la restauración<sup>12</sup>.

Una posible solución para minimizar estos efectos negativos de la contracción por polimerización y la tensión relacionada, es utilizar una técnica incremental al colocarlas en adiciones horizontales u oblicuos de un espesor máximo de 2 mm. Se cree que este procedimiento reduce la contracción volumétrica final del material y disminuye el factor C (la relación entre la superficie adherida y la superficie libre no adherida)<sup>13</sup>.

La consistencia de la mayoría de las resinas compuestas de restauración directa es similar a una masilla, que es deseable para algunas situaciones clínicas, pero es necesario tener una menos viscosa para mejor adaptabilidad a las paredes de la cavidad. Por esta razón, se introdujo una nueva clase de “resinas compuestas fluidas” con viscosidades bajas que proporcionan excelentes características de manipulación y un sistema de administración de jeringas que elimina algunos de los obstáculos encontrados en una pasta convencional; poseen una carga de relleno reducida al 37%-53% (volumen) en comparación con el 50%-70% de los híbridos de minirrelleno. Esta carga de relleno alterada modifica la viscosidad de estos materiales, que los hace ideales y versátiles en varios procedimientos estéticos<sup>14</sup>.

Estas opciones son cada vez más populares, para restaurar espacios complicados, ya que se pueden adaptar perfectamente a las formas complejas de las preparaciones cavitarias, reduciendo los defectos de espacios marginales dentro de una restauración. Esto es vital ya que estas zonas a lo largo de las paredes laterales de la restauración podrían causar caries secundarias, provocando el fracaso de la restauración<sup>15</sup>. Sin embargo, a pesar de sus ventajas,

exhiben una composición variable y, en consecuencia, propiedades mecánicas/físicas versátiles<sup>16</sup>. Además, debido a su menor contenido de relleno, se ha sugerido en estudios *in vitro*, que sus propiedades de flexión son un 20-25% más bajas y, por lo tanto, no se recomiendan para áreas que soportan grandes tensiones<sup>17</sup>.

Por lo anterior, elegir una resina adecuada para una restauración en la odontología moderna requiere equilibrar una gran cantidad de requisitos: propiedades funcionales, mayor longevidad por excelentes propiedades mecánicas, como alta resistencia, tenacidad a la fractura, dureza de la superficie, módulo de elasticidad optimizado, bajo desgaste, baja absorción de agua y solubilidad, baja contracción de polimerización, baja fatiga y degradación, y alta radiopacidad. Para mejorar muchas de las propiedades antes mencionadas, el tamaño de las partículas de relleno incorporadas en la matriz de una resina compuesta comercial ha disminuido continuamente y se han introducido cambios en la estructura o química del monómero y modificación de la dinámica de la reacción de polimerización<sup>4</sup>.

Aun así, todavía se observan varios efectos negativos clínicos en estas restauraciones, como discrepancias marginales, tinción marginal, líneas blancas alrededor de la restauración, fracturas de cúspides, microfiltraciones, desprendimiento, caries secundarias, sensibilidad posoperatoria o dolor, frecuentemente relacionados con la tensión de contracción de polimerización.

Un estudio mostró, que en la década pasada se observó un aumento en la incidencia de fractura de las resinas compuestas, grietas dentales y necesidad de tratamiento endodóntico, afirmando que es un reflejo de su mayor uso para restauraciones más grandes<sup>18</sup>. El reto es su inadecuada resistencia a la fractura, en comparación con la dentina. Probablemente debido a esta deficiencia, no son la mejor solución para reforzar las cavidades amplias y profundas en los molares. En otras palabras, la falta de tenacidad se observa en restauraciones directas extensas (MOD profundas), a medida que aumenta el volumen del material utilizado para la restauración<sup>19</sup>.

Además, la ausencia de las crestas marginales, el factor de volumen, que se refiere al tamaño (principalmente la profundidad de la cavidad), es otro factor debilitante importante en las cavidades posteriores de los dientes vitales. Forster *et al.*<sup>20</sup>, logró demostrar que, mientras que las cavidades MOD poco profundas podían restaurarse de forma segura con una resina compuesta directa, las cavidades MOD profundas mostraban una resistencia a la fractura significativamente menor, independientemente del grosor de las paredes restantes.

La necesidad de mejorar sus propiedades ha llevado a la adición de refuerzos a las resinas compuestas, dado que la capacidad de un material de restauración para resistir la fractura es de crucial importancia, especialmen-

## **El concepto de resinas compuestas reforzadas con fibras (FRC)**

te en áreas sometidas a estrés; esta tenacidad describe la tolerancia al daño del material y puede considerarse como una medida de la resistencia a la fatiga, que predice el desempeño estructural<sup>21</sup>.

Los principios modernos de la odontología restauradora especifican que la restauración y el diente deben formar un mono-bloque, en el que ambas estructuras, se combinen adhesiva y mecánicamente para resistir las fuerzas repetitivas de la masticación durante un período prolongado de tiempo<sup>22</sup>. Paralelamente, la creciente demanda de restauraciones estéticas o libres de metal, junto con el interés constante de la profesión de preservar los tejidos, han llevado al actual desarrollo de las restauraciones adhesivas posteriores<sup>23,24</sup>. Actualmente está claramente establecido que es posible un nuevo enfoque biomimético para la odontología restauradora a través del uso estructurado de materiales de restauración “similares a los dientes” (resinas compuestas y porcelana) y la generación de una unión al tejido duro (unión de esmalte y dentina)<sup>25-27</sup>.

Recientemente se ha afirmado que los avances conducen a un mejor sellado y dureza, resistencia a la degradación, capacidades antimicrobianas y de auto reparación. Se han afirmado direcciones futuras, como el desarrollo de materiales “inteligentes” que puedan interactuar con el entorno anfitrión<sup>3,28</sup>. Sin embargo, las restauraciones más grandes, como se ha señalado, han mostrado tasas de fracaso más altas que las más pequeñas, y si se incluye una superficie adicional en una restauración, el riesgo de falla es mayor en un 30%-40%, según lo informado por una revisión sistemática y un metaanálisis<sup>29</sup>.

Esta necesidad de fortalecer las resinas compuestas ha llevado a un mayor esfuerzo de investigación en técnicas que incluye la incorporación de fibras en la matriz de resina. Consecuentemente, se ha propuesto un enfoque restaurador biomimético que las utiliza como sustituto de la dentina debajo de una capa superficial de material de reemplazo de resina compuesta convencional, cuyo objetivo es imitar las propiedades estructurales y mecánicas de la estructura dental perdida. La matriz puede influir en la resistencia a la compresión, cizalla interlamina y en propiedades de corte, interacción entre la matriz y la fibra, y defectos en la resina compuesta<sup>7</sup>.

Las FRC poseen tres componentes diferentes: la matriz (fase continua), las fibras (fase dispersa) y la zona intermedia (interfase). Estos materiales presentan una alta rigidez y resistencia por peso, en comparación con otros materiales estructurales junto con una tenacidad adecuada<sup>30,31</sup>.

Estos elementos reforzados con fibra se han utilizado para numerosas aplicaciones en varios campos biomédicos y de ingeniería durante mucho tiempo, y han ganado popularidad recientemente, investigándose *in vitro*,

para evaluar sus propiedades mecánicas y físicas<sup>32-36</sup>. Estos investigadores han afirmado que son la modificación más cercana a los materiales que simulan la dentina a nivel estructural y mecánico. Estructuralmente, la integración de las fibras cortas y orientadas al azar en la matriz de resina compuesta se parece a las fibras de colágeno en la dentina. Mecánicamente, los valores de módulo de flexural, resistencia a la tracción y tenacidad a la fractura, de la misma manera son similares a los de la dentina. En consecuencia, las resinas compuestas reforzadas con fibra se caracterizan por sus propiedades de absorción de tensiones, lo que les permite reforzar la estructura dental remanente en grandes cavidades posteriores de dientes vitales y no vitales, lo que los convierte en un material para la sustitución de dentina.

Un estudio evaluó las propiedades físicas y mecánicas de una resina compuesta reforzada con fibras cortas: everX-Posterior® y compararon con dos de relleno masivo, Filtek Bulk-fill® y Beautifil-Bulk®, que están indicadas para restauraciones posteriores grandes. Concluyeron que el reforzado con fibras cortas, mostró mejoras y un rendimiento satisfactorio en las propiedades mecánicas y físicas, lo que lo convierte en un material base candidato confiable para esas restauraciones; además la profundidad de curado fue de 4,24 mm, la más alta entre los tres grupos<sup>37</sup>.

Otros, también al comparar el nuevo compuesto de resina fluida reforzado con fibras cortas difirió significativamente en su resistencia a la fractura en comparación con las resinas compuestas de resina fluidas de relleno en bloque, tenacidad a la fractura (2,8 MPa m<sup>1/2</sup>) y resistencia a la flexión (146,5 MPa). Explicaron que el mecanismo proporcionado por las microfibras es el resultado de su capacidad para desviar la propagación de grietas, resistir la apertura y propagación, induciendo en consecuencia una fuerza de cierre sobre la grieta. El efecto de refuerzo de los rellenos de fibra se basa en la transferencia de tensión de la matriz de polímero a las fibras, pero también en el comportamiento de la fibra individual como tapón de grietas<sup>38</sup>. Estudios previos de Garoushi *et al.*<sup>34</sup>, mostraron cómo los rellenos de fibra corta podrían detener la propagación de grietas y proporcionar un aumento en la resistencia a la fractura de la resina compuesta<sup>39-40</sup>.

La tenacidad a la fractura de un material es una medida de qué tan bien un material obstaculiza el progreso de una grieta o falla bajo carga. Lassila *et al.*<sup>38</sup>, explican que la fibra impide la extensión de una fisura y desarrolla puentes entrelazados que disipan la energía por la fibra, lo que resulta en una falla no catastrófica. Esto podría deberse a la orientación aleatoria de las microfibras en la matriz de resina y la formación de una red de fibras, que parece mejorar la capacidad del material para resistir la propagación de la fractura, así como para reducir la intensidad de la tensión. en la punta de la grieta desde donde se propaga de manera inestable. Como consecuencia,

se puede esperar un aumento en las propiedades de flexión y la tenacidad a la fractura; afirman que curiosamente, la adición de microfibras a la matriz de resina y la formación de una red de fibras, no afectaron la fluidez del material. La relación de aspecto, la longitud crítica de la fibra, la carga y la orientación de la fibra son los principales factores que podrían mejorar las propiedades mecánicas del SFRC.

También al evaluar el efecto de la proporción de fibra de vidrio/partículas de relleno en la resistencia a la flexión y la resistencia a la tracción diametral de una resina compuesta experimental reforzado con fibra, concluyeron al analizar al SEM: las áreas sin refuerzo de fibra demostraron ser más propensas a la presencia de burbujas y desarrollo de grietas versus el grupo con fibras, que no mostro áreas sin espacios vacíos, para la propagación de grietas<sup>41</sup>.

Los sustitutos de dentina de resinas compuestas reforzadas con fibra requieren una capa de recubrimiento de resina convencional, oclusal y proximalmente, en los casos de restauraciones de clase II, según lo recomendado por su fabricante. Esto se puede justificar por su inferior resistencia al desgaste y capacidad de pulido en comparación con sus contrapartes convencionales, *in vitro*<sup>36</sup>. Un estudio clínico que evaluó una versión para la restauración de cavidades completas, sin una capa protectora de resina compuesta convencional, informó un deterioro significativo de la textura de la superficie en el 79% de las restauraciones colocadas. Esto se explica por la exposición de grandes fibras de vidrio en el material, debido a la abrasión superficial. Sin embargo, los investigadores concluyeron que este material tiene una durabilidad adecuada durante un período de 5 años.

## Las cintas de polietileno

Las soluciones con tratamientos innovadores, basadas en nuevos materiales, evolucionan continuamente para restaurar la función y preservar la estructura dental; pero como se ha expresado, existen algunas limitaciones de las resinas compuestas que pueden influir en el éxito a largo plazo de las restauraciones directas grandes, por su resistencia a la fractura significativamente menor en comparación con la dentina. Una preparación MOD grande suele dejar paredes vestibulares y linguales delgadas, que tienden a fracturarse, sugiriéndose realizar coberturas cuspídeas en esas preparaciones, para evitar la fractura de las paredes remanentes. Por lo anterior el refuerzo de fibra es un tema frecuentemente discutido entre investigadores y clínicos por la necesidad de fortalecer la estructura dental después de una preparación excesiva, por el reemplazo de grandes amalgamas o caries.

Otro tipo de fibra también utilizado, son las cintas de polietileno. Se ha revelado que este prototipo desempeña un papel importante en el aumento

de la resistencia a la fractura de las restauraciones de dientes con y sin tratamiento endodóntico, y en la prevención de la microfiliación e integridad marginal de las restauraciones. En los materiales SFRC, las fibras están orientadas aleatoriamente y el refuerzo se produce en tres direcciones. En contraste, las fibras continuas tejidas y bidireccionales brindan refuerzo en solo dos direcciones; sin embargo, este refuerzo es más fuerte. El FRC bidireccional (p. ej., EverStick Ne<sup>®</sup>; GC Europe<sup>®</sup>, Lovaina, Bélgica) y la cinta de fibra de polietileno de ultra alto peso molecular tejida (Ribbond THM<sup>®</sup>; Ribbond Inc.<sup>®</sup>, Seattle, WA, EE. UU.) se han utilizado en varias técnicas restauradoras directas. Además de la capacidad de actuar como una capa absorbente de tensión en la restauración, se sugiere que estas fibras actúen como una férula interna para aumentar la resistencia a la fractura<sup>42</sup>. Concluyen los autores que, dentro de las limitaciones de su revisión, la evidencia sugiere que el refuerzo de fibra larga podría usarse para mejorar la resistencia a la fractura de los dientes muy restaurados. Estas pueden actuar como una férula interna que conecta la estructura dental restante. Con la orientación bien definida de las fibras largas, la ubicación exacta es importante.

Sáry *et al.*<sup>43</sup>, demostraron que al utilizar fibras de polietileno en una cavidad MOD, independientemente de su posición, siempre que las paredes restantes estuvieran conectadas, la resistencia a la fractura mejora, en comparación con las restauraciones de resinas compuestas sin fibras incorporadas. También concluyeron que la incorporación de polietileno o una combinación de fibras de vidrio cortas y bidireccionales en ciertas posiciones en restauraciones directas, parece ser capaz de restaurar la resistencia a la fractura de dientes molares sanos.

Las fibras de polietileno de refuerzo están formadas por cadenas poliméricas alineadas, de bajo módulo y densidad, y presentan buena resistencia al impacto. Por su color es posible utilizarlos en aplicaciones dentales estéticas<sup>44</sup>.

La eficacia de la tecnología de refuerzo de fibra depende de muchas variables, incluido el tipo de resina utilizada, la cantidad en la matriz de resina, el tipo, su longitud, forma, orientación, la adhesión a la matriz polimérica y la impregnación de vidrio y la reacción de los grupos con monómeros de resina a través de agentes de acoplamiento de silano<sup>46</sup>.

Ozel y Soyman<sup>47</sup>, evaluaron los efectos de la red de fibra sobre la contracción por polimerización y la microfiliación de las restauraciones de resina compuesta MOD. Se colocaron dos tipos de redes, polietileno (Ribbond<sup>®</sup>) y vidrio (red everStick<sup>®</sup>) como base sobre las paredes de la cavidad. Sus resultados revelaron que las restauraciones compuestas reforzadas con FRC de vidrio en comparación con polietileno mostraron menos puntajes de microfiliación, pero la diferencia no fue estadísticamente significativa<sup>47</sup>.

También Beilli *et al.*<sup>48</sup>, evaluaron el efecto de diferentes FRC (polietileno y vidrio) sobre la microfiltración de restauraciones compuestas de clase II. Sus resultados indicaron que no hubo una diferencia significativa en la microfiltración entre los grupos cuando las cavidades se recubrieron con FRC de vidrio (red everStick®), o FRC de polietileno (Ribbond®). Los autores concluyeron que tanto los FRC de polietileno como los de vidrio en combinación con la resina compuesta ayudan a reducir microfiltración en los márgenes de esmalte<sup>48</sup>.

Juloski *et al.*<sup>49</sup>, estudiaron el efecto de la inserción de FRC de vidrio y polietileno en la resistencia de unión al cizallamiento del esmalte humano; utilizaron diferentes productos de polietileno FRC (Ribbond®, Connect® and Construct®), y vidrio FRC (everStick®), y encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. Glass FRC (everStick®), estaba preimpregnado con el sistema de resina de dimetacrilato polimerizable por luz, que contiene fases poliméricas lineales, que forma una red de polímero semi-IPN después de ser polimerizado y ofrece un mejor sitio de unión para la resina compuesta y la estructura dental. Concluyen que la resistencia a la flexión de los FRC está significativamente influenciada por la composición y el patrón de la fibra<sup>49</sup>.

Asimismo, se ha señalado que existe una amplia variación entre los productos, con respecto a los tratamientos superficiales de las fibras y los métodos para incorporar las fibras a la matriz de resina. Las de vidrio preimpregnado con monómeros fotopolimerizables se reticulan durante la polimerización del compuesto que lo recubre, formando una red polimérica multifase. Esto ofrece ventajas de propiedades de manejo y unión de la estructura reforzada con fibra con resina compuesta<sup>50</sup>. Estos autores enfatizan que los productos FRC ofrecen muchas opciones de tratamiento alternativas a la profesión, pero la correcta selección y uso del material es importante para lograr los beneficios del refuerzo y la durabilidad.

También se realizó una comparación de estudios *in vitro*, entre resinas compuestas reforzados con fibra (FRC) de vidrio (continuo o corto) y polietileno (tejido) en cavidades posteriores de dientes humanos, e informan el efecto de la inclusión de fibra en la resistencia a la fractura, la microfiltración y la adaptación marginal de las restauraciones. Concluyeron que los estudios revisados revelaron que el uso de fibras dentro de las restauraciones reduciría la microfiltración y mejoraría la adaptación marginal de la restauración independientemente del tipo de fibra. Las fibras tienden a fortalecer las restauraciones de dientes estructuralmente comprometidos y mejoran su rendimiento en comparación con las restauraciones de resinas compuestas simples<sup>51</sup>.

## Conclusiones

- La odontología restauradora ha sido testigo de una transformación radical en los últimos años, alejándose del enfoque tradicional hacia nuevos materiales alternativos, brindando mejores resultados.
- Elegir una resina compuesta para una restauración del sector posterior en la odontología moderna, requiere equilibrar una gran cantidad de requisitos funcionales, propiedades mecánicas y estéticas. La necesidad de fortalecerlas ha llevado a un mayor esfuerzo de investigación en técnicas que incluye la incorporación de fibras en la matriz de resina.
- La técnica de restauración biomimética, que usa resinas compuestas reforzadas con fibras cortas (FRC) como reemplazo de dentina, se puede utilizar de forma fiable para grandes restauraciones en la región posterior.
- Las FRC, sustituto de dentina, soportan la capa superficial de resina compuesta convencional y actúan como prevención de grietas. Esto se atribuye a la transferencia de tensiones de la matriz de resina a las fibras incorporadas a la estructura, evitando además su mayor propagación bajo cargas mecánicas en un área de alta tensión.
- La resistencia a la flexión de los FRC está significativamente influenciada por la composición y el patrón de la fibra.
- Las cintas de polietileno, de fibras continuas tejidas y bidireccionales brindan refuerzo en solo dos direcciones; sin embargo, este refuerzo es más fuerte que en los materiales FRC.
- La comparación de estudios *in vitro*, entre resinas compuestas reforzadas con fibra (FRC) y polietileno (tejido) en cavidades posteriores de dientes humanos reduciría la microfiltración y mejoraría la adaptación marginal de la restauración, independientemente del tipo de fibra.
- A pesar de que se han realizado muchos estudios *in vitro*, todavía falta investigación sobre el rendimiento clínico a largo plazo.

## Bibliografía

1. Wilson F, Heath JR, Watts DC. Finishing composite restorative materials. J Oral Rehabil, 1990; 17(1): 79-87.
2. Yamamoto K, Ohashi S, Taki E, Hirata K. Adherence of oral streptococci to composite resin of varying surface roughness. Dent Mater J, 1996; 15(2): 201-204.
3. Bompolaki D, Lubisich EB, Fugolin AP. Resin-Based Composites for Direct and Indirect Restorations: Clinical Applications, Recent Advances, and Future Trends. Dent Clin North Am, 2022; 66(4): 517-536.
4. Ilie N, Hickel R. Resin composite restorative materials. Aust Dent J, 2011; 56 Suppl 1: 59-66.
5. Huang Q, Garoushi S, Lin Z, He J, Qin W, Liu F, Vallittu PK, Lassila LVJ. Properties of discontinuous S2-glass fiber-particulate-reinforced resin composites with two different fiber length distributions. J Prosthodont Res, 2017; 61(4): 471-479.

6. Fonseca AS, Labruna Moreira AD, de Albuquerque PP, de Menezes LR, Pfeifer CS, Schneider LF. Effect of monomer type on the CC degree of conversion, water sorption and solubility, and color stability of model dental composites. *Dent Mater*, 2017; 33(4): 394-401.
7. Salem MN, Hassanein OE, ElKassas DW, Shaalan OO. 12-months Clinical Evaluation of Fiber Reinforced Bulk Fill Resin Composite versus Incremental Packing of Nanohybrid Resin Composite in Restoration of Deep Proximal Lesions of Permanent Molars: A Randomized Controlled Trial. *Acta Stomatol Croat*, 2022; 56(3): 267-280.
8. Khan AS, Azam MT, Khan M, Mian SA, Ur Rehman I. An update on glass fiber dental restorative composites: a systematic review. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*, 2015; 47: 26-39.
9. Ferracane JL. Resin composite-state of the art. *Dent Mater*, 2011; 27(1): 29-38. doi: 10.1016/j.dental.2010.10.020. Epub 2010 Nov 18. PMID: 21093034.
10. Moldovan M, Balazsi R, Soanca A, Roman A, Sarosi C, Prodan D, Vlassa M, Cojocaru I, Saceleanu V, Cristescu I. Evaluation of the Degree of Conversion, Residual Monomers and Mechanical Properties of Some Light-Cured Dental Resin Composites. *Materials (Basel)*. 2019; 12(13): 2109.
11. de Oliveira DC, Rovaris K, Hass V, Souza-Júnior EJ, Haiter-Neto F, Sinhoreti MA. Effect of low shrinkage monomers on physicochemical properties of dental resin composites. *Braz Dent J*, 2015; 26(3): 272-276.
12. Schneider LF, Cavalcante LM, Silikas N. Shrinkage Stresses Generated during Resin-Composite Applications: A Review. *J Dent Biomech*, 2010; 2010: 131630.
13. Alqudaihi FS, Cook NB, Diefenderfer KE, Bottino MC, Platt JA. Comparison of Internal Adaptation of Bulk-fill and Increment-fill Resin Composite Materials. *Oper Dent*, 2019; 44(1): E32-E44.
14. Baroudi K, Rodrigues JC. Flowable Resin Composites: A Systematic Review and Clinical Considerations. *J Clin Diagn Res*, 2015; 9(6): ZE18-24.
15. Bayne SC, Thompson JY, Swift EJ, Stamatides P, Wilkerson M. A characterization of first-generation flowable composites. *J Am Dent Assoc*, 1998; 129: 567-577.
16. Vouvoudi EC. Overviews on the Progress of Flowable Dental Polymeric Composites: Their Composition, Polymerization Process, Flowability and Radiopacity Aspects. *Polymers (Basel)*, 2022; 14(19): 4182.
17. Maximov J, Dikova T, Duncheva G, Georgiev G. Influence of Factors in the Photopolymerization Process on Dental Composites Microhardness. *Materials (Basel)*, 2022; 15(18): 6459.
18. Alvanforoush N, Palamara J, Wong RH, Burrow MF. Comparison between published clinical success of direct resin composite restorations in vital posterior teeth in 1995-2005 and 2006-2016 periods. *Aust Dent J*, 2017; 62(2): 132-145.
19. Braga R.R., Boaro L.C., Kuroe T., Azevedo C.L., Singer J.M. Influence of cavity dimensions and their derivatives (volume and 'C' factor) on shrinkage stress development and microleakage of composite restorations. *Dent. Mater*, 2006; 22: 818-823.
20. Forster A., Braunitzer G., Tóth M., Szabó B.P., Fráter M. In Vitro Fracture Resistance of Adhesively Restored Molar Teeth with Different MOD Cavity Dimensions. *J. Prosthodont*, 2019; 28: 325-331.
21. Battancs E, Sály T, Molnár J, Braunitzer G, Skolnikovics M, Schindler Á, Szabó P B, Garoushi S, Fráter M. Fracture Resistance and Microleakage around Direct Restorations in High C-Factor Cavities. *Polymers (Basel)*, 2022; 14(17): 3463.
22. Zafar MS, Amin F, Fareed MA, Ghabbani H, Riaz S, Khurshid Z, Kumar N. Biomimetic Aspects of Restorative Dentistry Biomaterials. *Biomimetics (Basel)*, 2020; 5(3): 34.
23. Tyas MJ, Anusavice KJ, Frencken JE, Mount GJ. Minimal intervention dentistry—a review. *FDI Commission Project 1-97. Int Dent J*, 2000; 50(1): 1-12.
24. Murdoch-Kinch CA, McLean ME. Minimally invasive dentistry. *J Am Dent Assoc*. 2003; 134(1): 87-95.
25. Magne P. Composite resins and bonded porcelain: the postamalgam era? *J Calif Dent Assoc*, 2006; 34(2): 135-147.

26. Inglês M, Vasconcelos E Cruz J, Mano Azul A, Polido M, Delgado AHS. Comparative Assessment of Different Pre-Treatment Bonding Strategies to Improve the Adhesion of Self-Adhesive Composites to Dentin. *Polymers (Basel)*, 2022; 14(19): 3945.
27. Gomes de Carvalho AB, de Andrade GS, Mendes Tribst JP, Grassi EDA, Ausiello P, Saavedra GSFA, Bressane A, Marques de Melo R, Borges ALS. Mechanical Behavior of Different Restorative Materials and Onlay Preparation Designs in Endodontically Treated Molars. *Materials (Basel)*, 2021; 14(8): 1923.
28. Deng F, Sakai H, Kitagawa H, Kohno T, Thongthai P, Liu Y, Kitagawa R, Abe GL, Sasaki JI, Imazato S. Fabrication of pH-Responsive Zn<sup>2+</sup>-Releasing Glass Particles for Smart Antibacterial Restoratives. *Molecules*, 2022; 27(21): 7202.
29. Opdam NJM, Van De Sande FH, Bronkhorst E, Cenci MS, Bottenberg P, Pallesen U, et al. Longevity of posterior composite restorations: A systematic review and meta-analysis. *J Dent Res*, 2014; 93(10): 943-949.
30. Scribante A, Vallittu PK, Özcan M. Fiber-Reinforced Composites for Dental Applications. *Biomed Res Int*, 2018; 2018: 4734986.
31. Lassila L, Keulemans F, Säilynoja E, Vallittu PK, Garoushi S. Mechanical properties and fracture behavior of flowable fiber reinforced composite restorations. *Dent Mater*, 2018; 34(4): 598-606.
32. Tanner J, Tolvanen M, Garoushi S, Säilynoja E. Clinical Evaluation of Fiber-Reinforced Composite Restorations in Posterior Teeth - Results of 2.5 Year Follow-up. *Open Dent J*, 2018; 12: 476-485.
33. Omran TA, Garoushi S, Lassila LV, Vallittu PK. Effect of interface surface design on the fracture behavior of bilayered composites. *Eur J Oral Sci*, 2019; 127(3): 276-284.
34. Garoushi SK, Hatem M, Lassila LVJ, Vallittu PK. The effect of short fiber composite base on microleakage and load-bearing capacity of posterior restorations. *Acta Biomater Odontol Scand*, 2015; 1(1): 6-12.
35. Fronza BM, Ayres A, Pacheco RR, Rueggeberg FA, Dias C, Giannini M. Characterization of Inorganic Filler Content, Mechanical Properties, and Light Transmission of Bulk-fill Resin Composites. *Oper Dent*, 2017; 42(4): 445-455.
36. Soares LM, Razaghy M, Magne P. Optimization of large MOD restorations: Composite resin inlays vs. short fiber-reinforced direct restorations. *Dent Mater*. 2018; 34(4): 587-597.
37. Jafarnia S, Valanezhad A, Shahabi S, Abe S, Watanabe I. Physical and mechanical characteristics of short fiber-reinforced resin composite in comparison with bulk-fill composites. *J Oral Sci*, 2021; 63(2): 148-151.
38. Lassila L, Säilynoja E, Prinssi R, Vallittu P, Garoushi S. Characterization of a new fiber-reinforced flowable composite. *Odontology*. 2019; 107(3): 342-352.
39. Garoushi S, Vallittu PK, Lassila LVJ. Short glass fiber reinforced restorative composite resin with semi-interpenetrating polymer network matrix. *Dent Mater*, 2007; 23: 1356-1362.
40. Garoushi S., Mangoush E., Vallittu P., Lassila L. Short fiber reinforced composite: A new alternative for direct onlay restorations. *Open Dent J*, 2013; 30: 181-185.
41. Fonseca RB, de Almeida LN, Mendes GA, Kasuya AV, Favarão IN, de Paula MS. Effect of short glass fiber/filler particle proportion on flexural and diametral tensile strength of a novel fiber-reinforced composite. *J Prosthodont Res*, 2016; 60(1): 47-53.
42. Jakab A, Volom A, Sáry T, Vincze-Bandi E, Braunitzer G, Alleman D, Garoushi S, Fráter M. Mechanical Performance of Direct Restorative Techniques Utilizing Long Fibers for "Horizontal Splinting" to Reinforce Deep MOD Cavities-An Updated Literature Review. *Polymers (Basel)*, 2022; 14(7): 1438
43. Sáry T, Garoushi S, Braunitzer G, Alleman D, Volom A, Fráter M. Fracture behaviour of MOD restorations reinforced by various fibre-reinforced techniques - An in vitro study. *J Mech Behav Biomed Mater*, 2020; 102: 103505.
44. Edwards KL. An over view of the technology of fiber-reinforced plastics for design purposes. *Mater Des*, 1998; 19: 1-10.

45. Vallittu PK. High-aspect ratio fillers: Fiber-reinforced composites and their anisotropic properties. *Dent Mater*, 2015; 31: 1-7.
46. Scribante A, Vallittu PK, Özcan M, Lassila LVJ, Gandini P, Sfondrini MF. Travel beyond Clinical Uses of Fiber Reinforced Composites (FRCs) in Dentistry: A Review of Past Employments, Present Applications, and Future Perspectives. *Biomed Res Int*, 2018; 2018: 1498901.
47. Ozel E, Soyman M. Effect of fiber nets, application techniques and flowable composites on microleakage and the effect of fiber nets on polymerization shrinkage in class II MOD cavities. *Oper Dent*, 2009; 34: 174-180.
48. Beilli S, Orucoglu H, Yildirim C, Eskitascioglu G. The effect of fiber placement or flowable resin lining on microleakage in class II adhesive restorations. *J Adhes Dent*, 2007; 9: 1-7.
49. Juloski J, Beloica M, Goracci C, Chieffi N, Giovannetti A, Vichi A, Vulicevic ZR, Ferrari M. Shear bond strength to enamel and flexural strength of different fiber-reinforced composites. *J Adhes Dent*, 2013; 15(2): 123-130.
50. Mangoush E, Säilynoja E, Prinssi R, Lassila L, Vallittu PK, Garoushi S. Comparative evaluation between glass and polyethylene fiber reinforced composites: A review of the current literature. *J Clin Exp Dent*, 2017; 9(12): e1408-e1417.
51. Mangoush E, Garoushi S, Lassila L, Vallittu PK, Säilynoja E. Effect of Fiber Reinforcement Type on the Performance of Large Posterior Restorations: A Review of In Vitro Studies. *Polymers (Basel)*, 2021; 13(21): 3682.