

Efecto de las fibras de refuerzo en la resistencia a la fractura en cavidades extensas

Effect of fiber-reinforcement on the fracture resistance in large cavities

Marine Ortiz Magdaleno  ^{1a}¹ Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Estomatología, San Luis Potosí, México.
^a Odontólogo

RESUMEN

En una preparación mesio-ocluso distal (MOD) extensa es necesario reforzar la cavidad para distribuir el estrés ocasionado por las fuerzas oclusales para así disminuir el riesgo de fracturas cuspidas y verticales que comprometen el éxito de la restauración. Los materiales restauradores deben poder soportar las cargas masticatorias, por lo que es necesario que provean una adecuada resistencia a la fractura para evitar el fracaso de la restauración. El objetivo de este estudio fue realizar una revisión de la literatura científica sobre el uso de fibras de polietileno como refuerzo en cavidades MOD. Se realizó una búsqueda en PubMed y Cochrane con los descriptores: "fiber reinforced composite", "polyethylene fibers" y "ribbond fiber" del año 2014 al 2024. Actualmente, el uso de las fibras de refuerzo de polietileno en odontología restauradora se ha incrementado, debido a que se ha demostrado que su comportamiento mecánico favorece la resistencia a la fractura colocándolas en diferentes orientaciones en el piso de cavidades MOD extensas con 5 mm o más de profundidad, además de impedir la aparición y propagación de grietas en zonas susceptibles a altas fuerzas oclusales. El modo de fallo en dientes restaurados con fibras de polietileno suelen ser a nivel de esmalte y dentina por lo que su colocación favorece el patrón de fractura.

Palabras clave: Reparación en Restauración Dental; Resistencia a la Fractura; Resinas Compuestas. ([Fuente: DeCS BIREME](#))

ABSTRACT

Extensive cavities with a mesio-occluso-distal preparation (MOD) should be reinforced to distribute the stress caused by occlusal forces to reduce the risk of cuspid and vertical fractures that compromise the success of the restoration. Restorative materials must support masticatory loads; therefore, it is necessary that they provide adequate fracture resistance to avoid restoration failure. The objective of this study was to conduct a review of the scientific literature on the use of polyethylene fibers as reinforcement in MOD cavities. A literature search was conducted using PubMed and Cochrane with the descriptors: "fiber reinforced composite", "polyethylene fibers" and "ribbond fiber" from 2014 to 2024. Currently, the use of polyethylene reinforcement fibers in restorative dentistry has increased, because it has been shown that their mechanical behavior favors fracture resistance by placing them in different orientations on the floor of extensive MOD cavities with 5 mm or more deep, in addition to prevent the appearance and propagation of cracks in areas susceptible to high occlusal forces. The failure mode in teeth restored with polyethylene fibers is usually at the enamel and dentin level, therefore, the placement of reinforcement fibers benefits the fracture pattern.

Keywords: Dental Restoration Repair; Fracture Strength; Composite Resins. ([Source: MeSH NLM](#))

Recibido: 16 de julio de 2024

Aprobado: 22 de agosto de 2024

Publicado: 31 de octubre de 2024

Correspondencia:

Marine Ortiz Magdaleno
Correo electrónico: marine.ortiz@uaslp.mx

© Los autores. Este artículo es publicado por la Universidad de San Martín de Porres (Lima, Perú) Es un artículo de acceso abierto distribuido bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>



Citar como: Ortiz Magdaleno M. Efecto de las fibras de refuerzo en la resistencia a la fractura en cavidades extensas. KIRU.2024 oct-dic;21(4):234-241. <https://doi.org/10.24265/kiru.2024.v21n4.07>

INTRODUCCIÓN

El pronóstico de una restauración en odontología conservadora depende del tejido dental remanente sano y de la presencia de estructuras claves como el techo de la cámara pulpar, cúspides residuales, crestas marginales y la dentina interaxial, estas zonas estructurales proveen estabilidad a la restauración para su funcionalidad y longevidad a largo plazo en la cavidad oral ⁽¹⁾.

La resistencia a la fractura de las restauraciones depende de la morfología, diseño de la cavidad y del material con el que se elaboren ⁽²⁾. Estudios han reportado que las cavidades mesio-ocluso distales (MOD) son más susceptibles a fracturarse, debido a que la preparación de la cavidad es extensa y ocasiona una gran cantidad de pérdida estructural de tejido dental. Por tanto, la reducción del complejo dentino-esmalte ocasiona pérdida de la rigidez y disminución de la resistencia a la fractura del diente, generando una fragilidad estructural que puede provocar fracturas parciales o completas, incluso fracturas radiculares en los dientes posteriores ^(3,4).

Estudios han descrito que en una cavidad clase I se pierde el 20% de rigidez estructural, este porcentaje aumenta a un 40% si se pierde una cresta marginal y si se llegan a perder las dos crestas marginales se incrementa a un 60% ^(5,6). Por lo tanto, la pérdida de rigidez depende de la cantidad de tejido remanente dental que involucra la extensión del diseño de la cavidad. Un diente posterior sano para sufrir de una fractura necesita recibir una carga oclusal entre 2500 N y 3000 N, en cambio un molar con una cavidad MOD al recibir una carga entre 1100 N y 600 N es más susceptible de fracturarse. Estos valores pueden variar de acuerdo a la configuración del diseño de la cavidad, el protocolo restaurativo y el material utilizado para la elaboración de la restauración ⁽⁷⁾.

Los dientes con tratamiento de conductos presentan mayor reducción de la estructura dental debido a la preparación del acceso a la cámara pulpar y tienen menor resistencia a la fractura que los dientes sin este tratamiento ⁽⁶⁾. Estudios han demostrado que el acceso endodóntico tiene un efecto directo en la resistencia a la fractura del diente, ya que el techo de la cámara pulpar se encarga de disipar las fuerzas oclusales, y al eliminar el techo las fuerzas oclusales se concentran en las áreas de tejido más débiles ^(3,5). Los premolares y molares superiores con tratamiento de conductos y cavidades MOD son más propensos a sufrir de fracturas de las cúspides palatinas ⁽⁸⁾. La

anatomía de la cara oclusal de los premolares superiores tiene inclinaciones cuspidas pronunciadas lo que provoca la separación cuspidas durante la masticación, comprometiendo el comportamiento mecánico de la resistencia a la fractura y la distribución de las fuerzas oclusales ⁽⁹⁾. Por este motivo, algunos estudios recomiendan la cobertura total de las cúspides para restablecer los valores de la resistencia a la fractura del complejo dentino-esmalte ^(8,10).

Las resinas compuestas o composites son uno de los materiales más utilizados para restaurar dientes, sin embargo, pueden presentar algunas contraindicaciones por su comportamiento mecánico en cavidades con paredes estructuralmente débiles sumado a los problemas de contracción de polimerización, estos dos factores influyen en el éxito a largo plazo de las restauraciones directas en cavidades de gran tamaño, debido a que la resistencia a la fractura de las resinas compuestas es significativamente menor que a la dentina ⁽⁵⁾.

En los últimos años, con la tecnología adhesiva y las técnicas innovadoras en la odontología restauradora se han modificado los protocolos restaurativos, y es posible restaurar cavidades extensas en dientes posteriores incorporando fibras de refuerzo en el remanente de la estructura dental ^(6,10). La colocación de fibras en la cavidad es un tema aún muy debatible, ya que no existe un consenso generalizado del efecto de la orientación de las fibras en el piso y paredes de la cavidad sobre la resistencia a la fractura de los dientes posteriores, debido a que concurren diferentes factores críticos que influyen en las propiedades mecánicas de las restauraciones con resinas convencionales ^(6,7). El objetivo de este artículo fue realizar una revisión de literatura científica acerca del efecto de las fibras de refuerzo de polietileno en la resistencia a la fractura de dientes con cavidades MOD extensas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión de literatura científica, a través de las bases de datos: PubMed y Cochrane, que incluyeron artículos en idioma inglés entre el 1 enero del 2014 al 1 de junio del 2024. Los descriptores empleados para la búsqueda fueron: “fiber reinforced composite”, “polyethylene fibers” y “ribbon fiber”. Se revisaron detalladamente los títulos y resúmenes de las publicaciones. Se descartaron los títulos irrelevantes para la revisión, resúmenes de congreso, editoriales y cartas al editor, artículos que no incluyan las palabras

clave. Los criterios de inclusión fueron estudios *in vitro* sobre restauración con resinas convencionales en molares y premolares con fibras de polietileno que incluyeran ensayos mecánicos de resistencia a la fractura. Se recopilieron 52 artículos científicos de Pubmed y 14 de Cochrane, un total de 66 de los que finalmente se obtuvieron 21 para su respectivo análisis.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Reforzamiento del tejido dental remanente

Las cavidades que requieren una preparación extensa sufren de una enorme pérdida de tejidos dentales duros, lo que disminuye proporcionalmente la resistencia del esmalte y la dentina, provocando fracturas que en ocasiones pueden ser irreparables y con un mal pronóstico⁽¹¹⁾. La sustitución de grandes restauraciones de amalgamas y el retiro de caries extensas pueden ocasionar amplias cavidades con paredes remanentes debilitadas que se pueden contrarrestar reforzando la estructura dental remanente^(3,4). Los dientes reciben fuerzas multidireccionales durante la masticación, las fuerzas oclusales con cargas verticales generan fuerzas laterales contra las paredes de una cavidad MOD y al mismo tiempo una fuerza de compresión en el techo de la cámara pulpar que puede ser responsable del agrietamiento inicial de las paredes frágiles remanentes de las cavidades MOD^(12,13).

Debido a la falta de dureza de las resinas compuestas es probable que se produzca una fractura en las restauración cuando el diente se encuentra estructuralmente comprometido por la configuración de la cavidad. Las resinas compuestas son materiales rígidos y fuertes, pero carecen de tenacidad a la fractura para evitar la propagación de grietas⁽¹⁰⁾. La principal y continua limitación que puede influir en el éxito a largo plazo de las restauraciones con resinas compuestas convencionales y que no se ha logrado solucionar por completo es la contracción por polimerización relacionada con el incremento de estrés debido a la configuración de la cavidad determinado por el factor C, que puede provocar microfiltración y caries recurrente⁽⁷⁾.

La resistencia a la fractura de los dientes restaurados depende en gran medida de la cantidad de estructura dental remanente⁽¹⁴⁾. Una gran preparación MOD suele dejar paredes bucales y linguales delgadas y sin dentina de soporte, por lo que las paredes son más propensas a fracturarse⁽¹⁵⁾. Además, la pérdida de las crestas marginales ocasiona la

disminución de la resistencia a la fractura del diente. La fisura que se inicia en las paredes frágiles de las cavidades profundas puede causar daños irreparables bajo fuerzas de oclusión verticales y laterales en dientes posteriores estructuralmente débiles, por lo que algunos estudios sugieren que es necesario realizar una cobertura cúspidea en cavidades MOD profundas para así evitar la fractura de las paredes remanentes^(8,16). Lassila *et al.*,⁽¹⁷⁾ describen que la falta de tenacidad se aprecia especialmente en las restauraciones directas extensas, ya que en estos casos el volumen del material restaurador aumenta por las dimensiones de la cavidad. La tenacidad a la fractura es la resistencia de los materiales frágiles a la propagación catastrófica de defectos bajo una carga aplicada, es considerada como una medida de la resistencia a la fatiga que predice el rendimiento estructural.

Factores estructurales en una cavidad MOD

La preparación de la configuración de la cavidad, la elección del material restaurador y el equilibrio oclusal son factores claves del procedimiento restaurador para lograr la reducción de las tensiones por fuerzas oclusales dinámicas y así asegurar la longevidad del complejo diente-restauración^(1,7,17,18). La elección del método y material restaurativo se debe basar en las dimensiones de la cavidad, el número de paredes residuales, el grosor de las paredes y la profundidad de la cavidad⁽¹⁹⁾.

En términos biomecánicos, la profundidad, el diseño y configuración de la cavidad son puntos claves en la resistencia a la fractura de la restauración⁽²⁰⁾. Cavidades MOD en molares de 3 mm a 5 mm de profundidad pueden restaurarse con una resina compuesta convencional directa, con más 5 mm de profundidad no cuenta con los mismos parámetros fisiológicos de resistencia a la fractura y genera una mayor deformación de cúspides cuando existe pérdida de la dentina interaxial por lo que un recubrimiento cuspidado con una técnica indirecta es considerado una medida más segura^(21,22).

Las cavidades profundas MOD son susceptibles a fracturarse, esto se debe principalmente al aumento de las dimensiones de la cavidad y a la pérdida de las crestas marginales, lo que provoca un incremento de la flexión de las cúspides y un debilitamiento estructural general del diente. Las crestas marginales unen las cúspides, su ausencia reduce la deformación de las cúspides, por lo que es necesario tomar en cuenta la presencia de dentina interaxial para determinar si es necesario un recubrimiento

cuspídeo total ⁽²³⁾. Según Scotti *et al.*⁽¹⁶⁾ y Deliperi *et al.*⁽¹⁰⁾ no es necesario desgastar paredes cavitarias con un grosor superior a 2 mm, y es posible evitar la cobertura oclusal. Cuanto más delgadas son las paredes remanentes de las cavidades, mayor es el riesgo de que se produzca un fallo catastrófico del diente. Los dientes estructuralmente comprometidos con paredes cavitarias remanentes de grosor inferior a 2 mm carecen de la mayor parte del complejo dentino-esmalte. Para estabilizar las paredes cavitarias opuestas remanentes en cavidades MOD, se han propuesto varios métodos directos de reforzamiento que utilizan fibras como elementos internos de conexión o ferulización ⁽¹⁵⁾.

Tipos de fibras

Las fibras de vidrio y de polietileno se han incorporado en los protocolos de restauración de dientes destruidos y con cavidades extensas ⁽¹⁹⁾. Estas fibras simulan la función de la unión dentino-esmalte, disminuyen la flexión cuspídea y la propagación de cracks en el esmalte. Además se han incorporado en las resinas compuestas como sustituto dentinario ^(11,18). El tamaño, tipo y orientación de las fibras son factores significativos en el éxito de la restauración ⁽¹⁸⁾. Existen diferentes marcas comerciales de fibras de vidrio y polietileno (Tabla 1). Las fibras de vidrio disipan las fuerzas en la resina compuesta, por lo que disminuyen la propagación de las grietas y fisuras, incrementando los valores de resistencia a la compresión y fractura ^(11,19).

Las fibras de polietileno miden 0,18 mm de diámetro y son las más utilizadas porque

facilitan la distribución de las fuerzas oclusales al sustrato dental y aumentan la resistencia a la flexión de la restauración y del diente ^(24,25). Estas fibras tienen un módulo de elasticidad (23,6 GP) comparable con la dentina (26,60 GP coronal y 20,89 GP radicular) y son apenas visibles cuando se sumergen en la resina compuesta por ser translúcidas ⁽²⁶⁾.

Están formadas por una densa concentración de intersecciones nodales fijas, lo que ayuda a mantener la integridad del tejido. Esto permite que las tensiones del material se transfieran con mayor eficacia debido a las trayectorias de carga definidas de una zona a otra ⁽¹²⁾. Durante la fabricación de las fibras de polietileno se someten a un tratamiento de plasma frío que les permite absorber agua, reducir la tensión superficial y mejorar la adhesión química a las resinas compuestas ⁽²⁴⁾.

Las fibras de polietileno de alto peso molecular más conocidas son las Ribbond Fiber (Ribbond THM; Ribbond Inc., Seattle WA, EE.UU.), tienen un elevado coeficiente de elasticidad (117 GPa), resistencia a la tracción (3 GPa), y una gran resistencia al alargamiento y la deformación, por lo que se adaptan a la morfología de las paredes internas de la cavidad y del diente, creando un efecto de ferula y monobloque para aumentar la resistencia a la fractura del diente ^(15,24,27). Tienen una estructura tridimensional por el tejido trenzado y triaxial que le permite tener una fijación mecánica con las capas de resina compuesta y su microfisuración se minimiza durante la polimerización de la resina compuesta ⁽²⁴⁾.

Tabla 1. Tipos de fibras disponibles en el mercado comercial

Nombre comercial	Compañía	Tipo de fibra	Indicaciones
Ribbond	Ribbond Inc, Seattle, WA, USA	Polietileno	-Retenedores de ortodoncia. -Protesis fija provisionales. -Restauraciones con resinas compuestas. -Estabilización por trauma.
Fiber-Splint	Polydentia SA, Suiza	Polietileno	Estabilizar dientes con movilidad y por traumatismo. -Protesis fija anterior adhesiva ferulizando por palatino o lingual.
Construct	Kerr, Orange, CA, USA	Polietileno	-Ferulización postraumática.

Tabla 1. Continuación

Connect	Kerr, Orange, CA, USA	Polietileno	-Ferulizar dientes. -Fabricar retenedores en ortodoncia. -Reforzar prótesis acrílicas.
GranTEC	VOCO	Vidrio	-Ferulización de dientes traumatizados. -Reforzar restauraciones.
Interlig	Angelus	Vidrio	-Contención o ferulización periodontal. -Confeción de prótesis provisionales adhesivas directas e indirectas. -Ferulización de dientes traumatizados. -Reforzo de restauraciones extensas.

Orientación de las fibras

Las fibras de polietileno funcionan ferulizando internamente las paredes remanentes del diente, actúan como refuerzo para estabilizar las paredes opuestas de la cavidad y lograr absorber las tensiones ocasionadas por las cargas masticatorias^(8,9). El rendimiento mecánico favorable de las fibras de polietileno se debe a diferentes factores: a sus propiedades biomecánicas, a la estructura tridimensional de la fibra, a la densa cantidad de puntos de intersección, a la unión química entre la fibra y la resina compuesta, tejido en forma triaxial, al efecto del tejido en forma de gasa y a la resistencia al desplazamiento dentro de la

resina compuesta⁽²⁸⁾. No existe una conclusión generalizada que relacione el efecto de la ubicación y orientación de las fibras en la cavidad con la resistencia a la fractura de la restauración. La figura 1 muestra dos tipos de orientar las fibras en el piso de la cavidad mesio-distal (Figura 1A, 1B) y vestíbulo-palatino (Figura 1C, 1D).

Estudios han descrito que la colocación horizontal de las fibras de polietileno en el piso de la cámara pulpar en cavidades MOD incrementa la resistencia a la fractura en premolares superiores y ofrece un modo de fractura reparable por arriba de la unión cemento-esmalte^(8,14, 28).

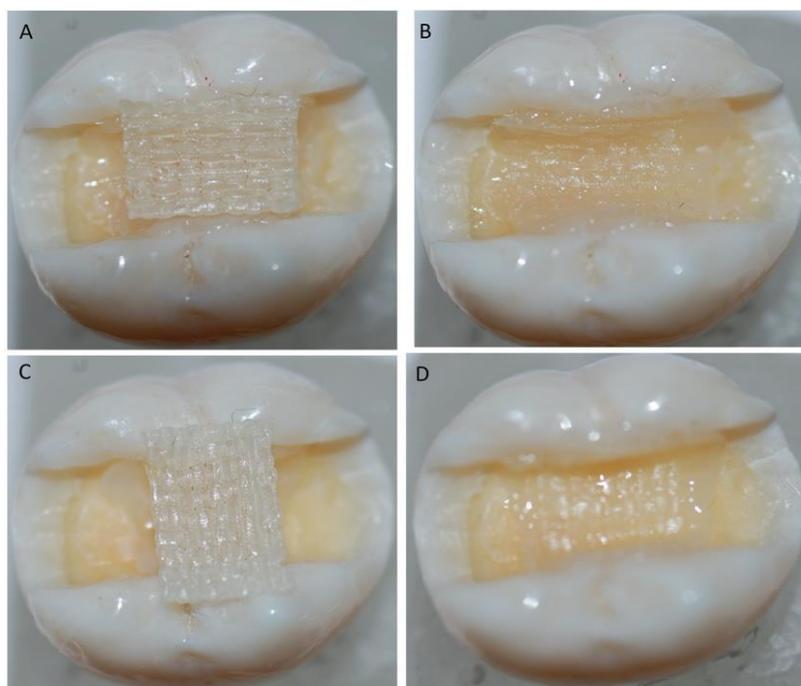


Figura 1. Colocación de las fibras de polietileno (Ribbond Inc.) en una orientación mesio-distal en el piso de la cámara pulpar de un molar (A, B) y vestíbulo-palatino (C,D). La autoría de las imágenes es de la Dra. Nancy Gabriela Lara Rangel.

Además, se ha sugerido que la ferulización de las paredes remanente bucal y lingual con fibras de polietileno en un diente con cavidad MOD es una posible técnica de restauración que incrementa los valores de resistencia a la fractura. Sáry *et al.* ⁽²⁹⁾ reportaron el incremento de los valores a la resistencia a la fractura en cavidades MOD cuando las fibras de polietileno conectando las paredes remanentes opuestas de manera transcoronal (2484,80 N) que en los dientes restaurados son fibras (1629,45 N). La mayor cobertura horizontal de la fibra en el piso de la cavidad aumenta la capacidad de soportar y disipar las fuerzas por igual en la superficie, su adaptación estrecha a los contornos internos del sustrato dental remanente refuerza el mecanismo de soporte contra grietas y microfisuras. Al aumentar la cantidad de fibras y adaptarlas adecuadamente al piso de la cavidad se reduce el estrés de contracción de la resina compuesta que se produce durante la polimerización ⁽⁸⁾. Por lo tanto, el uso de fibras de polietileno beneficia la resistencia a la fractura de restauraciones directas de resina compuesta colocadas en las paredes remanentes y el piso de cavidades MOD, debido a que actúan como férula interna para aumentar la resistencia a la fractura y absorben las tensiones de fuerzas ^(8,28,29). Cuando se colocan las fibras de polietileno en una orientación bucopalatina y mesiodistal, es decir que su eje longitudinal esté sometido perpendicularmente a las fuerzas de compresión aumenta la resistencia a la fractura y la resistencia a la flexión de la restauración ⁽²⁹⁾.

Rahman *et al.* ⁽³⁰⁾ reportan que la inserción de fibras Ribbons en resinas compuestas tanto en el piso de la cavidad y en las paredes incrementan la resistencia a la fractura del diente. Es importante destacar que el éxito del empleo de fibras de refuerzo depende de la cohesión entre las fibras y la matriz de resina compuesta circundante, que debe garantizar la uniformidad de transferencia de tensiones de la matriz a las fibras ⁽³⁰⁾.

En contraste, Mosharraf *et al.* ⁽³⁾ concluyen que la dirección y la orientación de las fibras influyen en la resistencia a la flexión, mientras que Van Heuman *et al.* ⁽⁵⁾ afirmaron que el módulo flexural no siempre se incrementa al colocar las fibras aún en la pared que recibe la mayor tensión y que la arquitectura de las fibras tejidas o unidireccional es más importante que el tipo de fibras utilizadas en los parámetros de resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad. De acuerdo con los resultados de Oskoe *et al.* ⁽³¹⁾ y Akman *et al.* ⁽¹²⁾ la colocación de fibras de refuerzo ferulizando las paredes bucales o

linguales en el tercio oclusal de las cavidades MOD entre las capas incrementales de resina compuesta aumenta significativamente la resistencia a la fractura porque permite que las cúspides estén conectadas a través de las fibras. La conexión o cobertura de las paredes internas de las cavidades opuestas remanentes también se puede realizar de forma circunferencial cubriendo las paredes mesiales o distales reconstruidas, con la técnica denominada "empapelado" ⁽¹⁰⁾. El objetivo de la técnica de empapelado de las paredes remanentes de las cavidades con fibras de polietileno es reducir la posibilidad de fracaso de la restauración, preservando al mismo tiempo la estructura dental sana residual ⁽¹⁰⁾. Por otro lado, a pesar de que los artículos revisados coinciden en los beneficios del uso de fibras de polietileno en cavidades MOD, es difícil comparar los diferentes estudios *in vitro* dado que utilizan diferentes criterios y parámetros en los ensayos utilizados ^(18,32).

CONCLUSIONES

La evidencia científica revisada en este artículo concuerda que las fibras de polietileno favorecen la resistencia a la fractura de restauraciones directas de resina convencional en cavidades MOD. Posterior a los *ensayos in vitro* de resistencia a la fractura en cavidades MOD con restauraciones de resina convencional reforzadas con fibras de polietileno se suelen presentar fallas restaurables y no catastróficas. Es necesario realizar estudios clínicos que determinen el éxito a largo plazo de las restauraciones directas de resina compuesta en cavidades MOD reforzadas con fibras de polietileno.

Roles de contribuciones según CRediT

Conceptualización: MOM. Metodología: MOM. Investigación: MOM. Recursos: MOM. Redacción – Borrador original: MOM.

Fuente de financiamiento: Autofinanciado.

Conflictos de interés: El autor declara no tener conflicto de interés.

REFERENCIAS

- 1 Shah EH, Shetty P, Aggarwal S, Sawant S, Shinde R, Bhol R. Effect of fibre-reinforced composite as a post-obturation restorative material on fracture resistance of endodontically treated teeth: A systematic review. *Saudi Dent J.* 2021;33(7):363369. doi: 10.1016/j.sdentj.2021.07.006.
- 2 Garoushi S, Sungur S, Boz Y, Ozkan P, Vallittu PK, Uctasli S, et al. Influence of short-fiber

- composite base on fracture behavior of direct and indirect restorations. *Clin Oral Invest.* 2021;25:4543–52. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03768-6>.
- 3 Mosharraf R, Givechian P. Effect of fiber position and orientation on flexural strength of fiber-reinforced composite. *J Iran Dent Assoc.* 2012;24(2):21–27.
 - 4 Albar NHM, Khayat WF. Evaluation of fracture strength of fiber-reinforced direct composite resin restorations: an in vitro study. *Polymers (Basel).* 2022;14(20):4339. doi: 10.3390/polym14204339.
 - 5 Van Heumen CC, Kreulen CM, Bronkhorst EM, Lesaffre E, Creugers NH. Fiber-reinforced dental composites in beam testing. *Dent Mater.* 2008;24(11):1435–43.
 - 6 Ciavoi G, Mărgărit R, Todor L, Bodnar D, Dina MN, Tărlungeanu DI, et al. Base Materials' influence on fracture resistance of molars with MOD cavities. *Materials (Basel).* 2021;14:5242.
 - 7 Bilgi PS, Shah NC, Patel PP, Vaid S. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with nanohybrid, silorane, and fibre reinforced composite. *J Conserv Dent.* 2016;4:364–7.
 - 8 Agrawal VS, Shah A, Kapoor S. Effect of fiber orientation and placement on fracture resistance of large class II mesio-occluso-distal cavities in maxillary premolars: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2022;25(2):122–127. doi: 10.4103/jcd.jcd_384_21.
 - 9 Miao Y, Liu T, Lee W, Fei X, Jiang G, Jiang Y. Fracture resistance of palatal cusps defective premolars restored with polyethylene fiber and composite resin. *Dent Mater J.* 2016;35:498–502. <https://doi.org/10.4012/dmj.2015-394>.
 - 10 Deliperi S, Alleman D, Rudo D. Stress-reduced direct composites for the restoration of structurally compromised teeth: Fiber design according to the 'Wallpapering' technique. *Oper Dent.* 2017;42:233–243.
 - 11 Albar N, Khayat W. Fracture load of mesio-occluso-distal composite restorations performed with different reinforcement techniques: An in vitro study. *Polymers (Basel).* 2023;15(6):1358. doi: 10.3390/polym15061358.
 - 12 Akman S, Akman M, Eskitascioglu G, Belli S. Influence of several fibre-reinforced composite restoration techniques on cusp movement and fracture strength of molar teeth. *Int Endod J.* 2011;44:407–15.
 - 13 AlJarboua RT, Alshihry RA, Alkhalidi HO, Al Marar FH, Aljaffary MA, Almana ML, et al. Effect of fiber-reinforced composite placement site on fracture resistance of premolar teeth: An in vitro study. *Clin Cosmet Investig Dent.* 2024;16:255–266. doi: 10.2147/CCIDE.S461134.
 - 14 Forster A, Braunitzer G, Tóth M, Szabó BP, Fráter M. In vitro fracture resistance of adhesively restored molar teeth with different MOD cavity dimensions. *J Prosthodont.* 2019;28(1):325–331. doi: 10.1111/jopr.12777.
 - 15 Soto-Cadena SL, Zavala-Alonso NV, Cerda-Cristerna BI, Ortiz-Magdaleno M. Effect of short fiber-reinforced composite combined with polyethylene fibers on fracture resistance of endodontically treated premolars. *J Prosthet Dent.* 2023;129(4):598.e1–598.e10. doi: 10.1016/j.prosdent.2023.01.034.
 - 16 Scotti N, Eruli C, Comba A, Paolino DS, Alovise M, Pasqualini D, et al. Longevity of class 2 direct restorations in root-filled teeth: A retrospective clinical study. *J Dent.* 2015;43:499–505.
 - 17 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. doi:10.1016/j.dental.2018.01.002.
 - 18 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.* 2021;13(21):3682. doi:10.3390/polym13213682.
 - 19 Jakab A, Volom A, Sály T, Vincze-Bandi E, Braunitzer G, Alleman D, et al. 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. doi: 10.3390/polym14071438.
 - 20 Lin CL, Chang CH, Ko CC. Multifactorial analysis of an MOD restored human premolar using auto-mesh finite element approach. *J Oral Rehabil.* 2001;28:576–585.
 - 21 Batalha-Silva S, de Andrada MA, Maia HP, Magne P. Fatigue resistance and crack propensity of large MOD composite resin restorations: direct versus CAD/CAM inlays. *Dent Mater.* 2013;29:324–331.
 - 22 Khan SI, Anupama R, Deepalakshmi M, Kumar KS. Effect of two different types of fibers on the fracture resistance of endodontically treated molars restored with composite resin. *J Adhes Dent.* 2013;15(2):167–71. doi: 10.3290/j.jad.a28731.
 - 23 El-Helali R, Dowling AH, McGinley EL, Duncan HF, Fleming GJ. Influence of resin-based composite restoration technique and endodontic access on cuspal deflection and cervical microleakage scores. *J Dent.* 2013;41:216–222. doi: 10.1016/j.jdent.2012.11.002.
 - 24 Vamasa. Tiras de ribbon [Internet]. Vamasa Health Innovation; 2022. Disponible en: <https://vamasa.com.mx/producto/tiras-de-fibra-ribbon/>
 - 25 Angelus®. Interlig. Fibra de Refuerzo. [Internet]. Angelus; 2016. Disponible en: <https://angelus.ind.br/assets/uploads/2020/09/Perfil-Tecnico-Cientifico-Interlig.pdf>
 - 26 Inoue T, Saito M, Yamamoto M, Debari K, Kou K, Nishimura F et al. Comparison of nanohardness between coronal and radicular intertubular dentin. *Dent Mater J.* 2009;28(3):295–300.
 - 27 Verma V, Bansal A, Kukreja N, Kaur S, Varsha P, Zanjad SR. Evaluation of fracture resistance in class II tooth cavity using different techniques. *Bioinformation.* 2022;18(10):858–861. doi: 10.6026/97320630018858.
 - 28 Moezizadeh M, Shokripour M. Effect of fiber orientation and type of restorative material on

- fracture strength of the tooth. *J Conserv Dent.* 2011;14:341–5.
- 29 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.* 2019;98:348–356.
- 30 Rahman H, Singh S, Chandra A, Chandra R, Tripathi S. Evaluation of fracture resistance of endodontically treated teeth restored with composite resin along with fibre insertion in different positions in vitro. *Aust Endod J.* 2016;42:60–5.
- 31 Oskoe PA, Ajami AA, Navimipour EJ, Oskoe SS, Sadjadi J. The effect of three composite fiber insertion techniques on fracture resistance of root-filled teeth. *J Endod.* 2009;35(3):413–416. doi:10.1016/j.joen.2008.11.027.
- 32 Solanki N, Kishan KV, Saklecha P, Parikh M. Comparison of fiber-reinforced composite and nanohybrid resin impregnated with glass fibers as postendodontic restoration in molars - A clinical study. *J Conserv Dent.* 2021;24(5):514–8. https://doi.org/10.4103/jcd.jcd_147_21.

Marine Ortiz Magdaleno
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9615-5565>
Correo: marine.ortiz@uaslp.mx