



REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

ENDOCROWN: UNA RESTAURACIÓN ALTERNATIVA PARA DIENTES TRATADOS ENDODÓNTICAMENTE. ENDOCROWN: A RESTORATIVE OPTION FOR ENDODONTICALLY TREATED TEETH.

Vásquez, A. ¹

Universidad de El Salvador. República del Salvador. Doctorado en Cirugía Dental en la Universidad del Salvador
Práctica privada.

Correspondencia: angavas@gmail.com

Volumen 11.
Número 2.
Mayo - Agosto 2022

Recibido: 31 julio 2021
Aceptado: 20 agosto 2021

RESUMEN

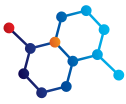
El éxito clínico de un diente tratado endodónticamente (DTE) depende de su adecuada reconstrucción. Es por ello que posterior a un procedimiento endodóntico, se debe realizar una restauración que prolongue la longevidad del diente y le permita funcionar con normalidad. Existen distintos tipos de restauraciones a elegir, entre las que destaca históricamente el uso de postes radiculares. Actualmente con el advenimiento de tecnología adhesiva, han surgido procedimientos como las Endocrowns que preservan más tejido dental y son reparables. El propósito de esta revisión es el de presentar bajo la evidencia científica disponible a las Endocrowns como una opción confiable y prometedora para restaurar los DTE severamente dañados.

Palabras clave: diente tratado endodónticamente, endocrowns, pins dentales, supervivencia, resistencia a la fractura, módulo de elasticidad, materiales dentales.

ABSTRACT:

The clinical success of an endodontically treated tooth (ETT) depends on its adequate reconstruction. That is why after an endodontic procedure, a restoration must be made to prolong tooth longevity so it can function normally. There are different types of restorations to choose from, among which the intraradicular posts historically stands out. Currently with the advent of adhesive technology, procedures such as endocrowns have emerged to preserve more dental tissue and are repairable. The purpose of this review is to present endocrowns under the available scientific evidence as a reliable and promising option for restoring severely damaged ETT.

Key words: endodontically treated teeth, endocrowns, post, survival, fracture resistance, elastic modulus, dental materials



INTRODUCCIÓN

La rehabilitación de Dientes Tratados Endodóticamente (DTE) sigue siendo un desafío para el odontólogo, especialmente por la disminución en la resistencia estructural del diente asociada a la eliminación de la pulpa y la dentina circundante¹. El tipo de tratamiento elegido en cada caso dependerá de la cantidad y configuración de las paredes de tejido remanente del diente a tratar². Por lo tanto, seleccionar el tratamiento correcto es importante porque la razón principal de pérdida de un DTE es la inadecuada reconstrucción³. Históricamente, el tratamiento más frecuente a seguir es el poste en conjunto con una corona, sin embargo, los estudios lo han relacionado con debilitamiento radicular y perforaciones accidentales⁴.

Con el desarrollo de la adhesión dental, muchos conceptos de la odontología restaurativa han cambiado. Los diseños de preparaciones cavitarias tanto para restauraciones directas e indirectas se han vuelto más conservadores y ya no es necesario incluir cajas, colas de milano, socavados u otros elementos de retención mecánica; ahora la retención es provista principalmente por la adhesión dental⁵, lo cual previene la pérdida innecesaria de tejidos sanos⁶. Era de esperar que los abordajes de tratamiento para los DTE, entre los que se encuentran las endocrowns, sean fuertemente influenciados por dichos principios de mínima invasión⁷⁻⁹.

VENTAJAS DEL ENDOCROWN

Las endocrowns son restauraciones conservadoras en aquellos DTE que han perdido significativamente tejido coronal, que utilizan la cámara pulpar y el remanente dental coronario como medios de retención^{10,11} (Fig.1).

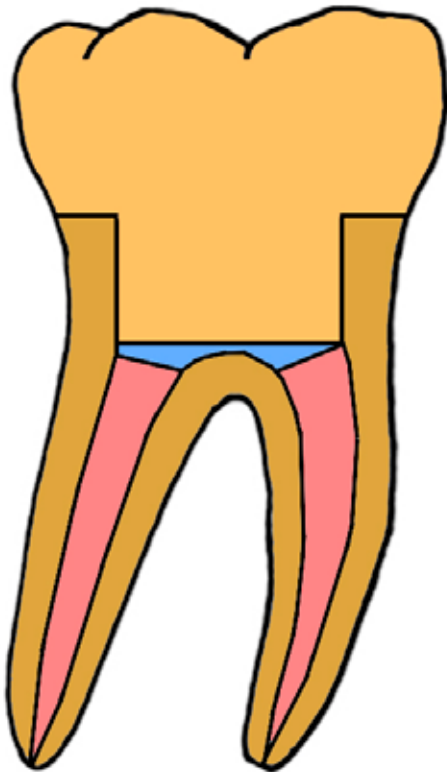


Fig. 1 - Representación gráfica de una Endocrown

Las endocrowns fueron presentadas hace más de 20 años, pero su popularidad aumentó con la introducción y accesibilidad de la tecnología CAD CAM¹², que ha traído consigo la posibilidad de aplicar una gran diversidad de materiales restaurativos tanto en el consultorio como el laboratorio dental¹³.

Además de la mayor preservación de tejido dental, comparada con tratamientos tradicionales de poste-muñón/corona, las endocrowns presentan varias ventajas:

- Reduce o elimina la necesidad de geometrías retentivas al momento de preparar¹¹.
- No es necesario disponer de un considerable espacio interoclusal para su indicación¹⁴.
- Reduce el riesgo de fallas catastróficas causadas por fracturas radiculares propias de los postes, perforaciones accidentales y contaminación del tratamiento de conductos radiculares.^{14,15}
- Se reduce el número de citas y costo económico.^{15,16}
- Como constituyen restauraciones en un solo bloque, se reducen el número de las interfaces adhesivas¹⁷.

CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN DE TRATAMIENTO

El ciclo restaurativo del diente es una cadena de eventos que odontólogos deben evitar o interrumpir porque a medida se colocan y reemplazan nuevas restauraciones, estas se vuelven cada vez más grandes; el tejido dental remanente se debilita y las cúspides se fracturan por fatiga¹⁸. Bajo este concepto, la restauración a elegir para un DTE debe ser aquella que conserve la mayor cantidad de estructura dental remanente y que a su vez mejore el éxito y permanencia en boca a largo plazo.

La pérdida de estructura es mínima en un DTE cuando existe únicamente una cavidad de acceso/apertura y una mínima extensión de la cámara pulpar. Dietsche¹⁹ sugiere que dichos dientes sean tratados con una obturación adhesiva rellenando el acceso a la cámara pulpar.

Ya no son necesarias las restauraciones con poste y coronas en dientes con pérdida estructural de hasta la mitad de su corona clínica, en donde uno o ambos rebordes marginales estén comprometidos. Se considera que poseen la suficiente estructura coronal y proveen una adecuada estabilidad a la restauración. En estos casos, la cobertura cuspeída parcial o completa es lo más indicado^{2,19}.

La interrupción del ciclo restaurativo del diente es un aspecto positivo por considerar con las endocrowns¹⁸, ya que al utilizar un poste-muñón/corona en primera instancia limita las opciones de tratamiento en caso de fracaso porque no quedará más alternativa que indicar una extracción y una prótesis fija o implante dental. En cambio, en caso de fracasar una endocrown, aún queda la posibilidad de reparación/reemplazo o aun hasta un poste-muñón/corona antes de llegar a una extracción.

La evidencia científica muestra que la supervivencia de los DTE depende de la cantidad de estructura dental remanente posterior

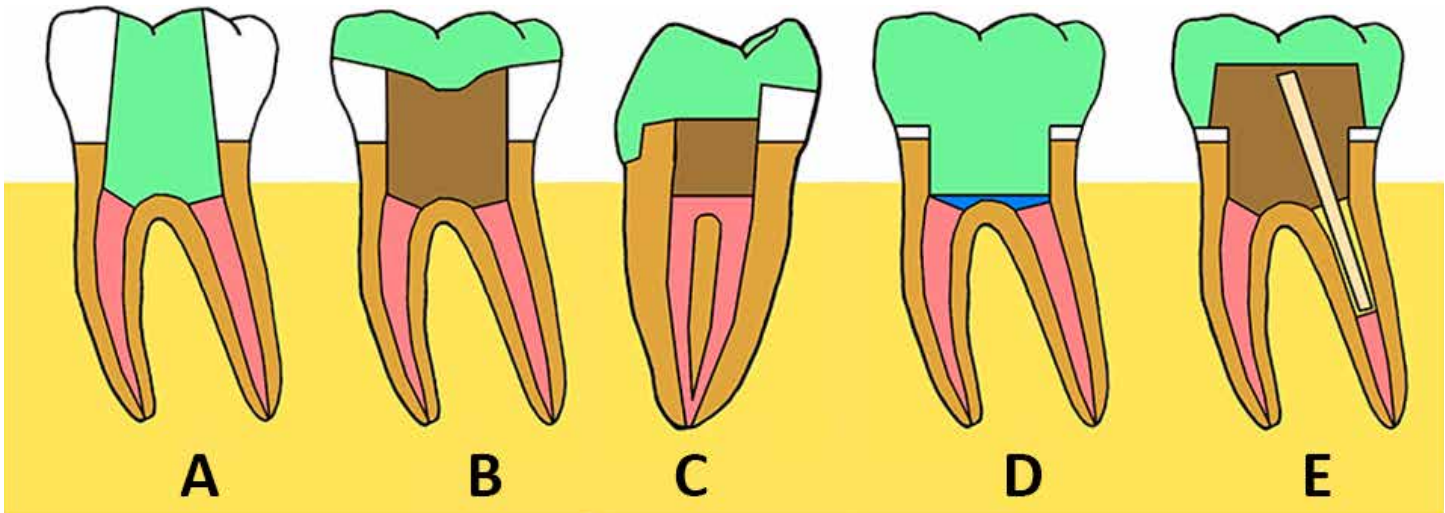


Fig. 2 – Selección de tratamiento según la cantidad de tejido coronal remanente. A) Obturación B y C) Overlay D) Endocrown E) Poste y corona.

a la remoción de caries y acceso a la cámara pulpar: pérdidas leves-moderadas de tejido abren la posibilidad de alternativas mínimamente invasivas como una obturación o una restauración parcial adhesiva (preservación de la extensión); por lo tanto, conservar el máximo de esmalte y dentina deben ser el objetivo más importante al momento de restaurar un DTE en lugar de reducir volumétricamente dichos tejidos para la confección de coronas (extensión por prevención)^{2,6} (Figura. 2.)

ENDOCROWN. ÉXITO Y SUPERVIVENCIA

En una prueba de laboratorio, Biacchi y Basting²⁰ demostraron que los DTE restaurados con postes de fibra de vidrio y coronas cerámicas son más propensos a fracturarse con respecto a las endocrowns; las restauraciones poste-muñón/corona tienen mayores tasas de fallo catastrófico. Por otro lado, las endocrowns presentan mayores tasas de falla, pero son reparables^{7,14}. Govare et al²¹ muestra que las principales causas de fallo de una endocrown son la pérdida de retención (53%), periodontitis (14%) y fracturas del endocrown (14%), comparada con la falla más común en las coronas tradicionales que es la fractura de la misma (53%) seguida de fracturas verticales radiculares (23%). Eso significa que las endocrowns fallan en su gran mayoría por razones adhesivas las cuales son más fáciles de resolver.

A causa de la variabilidad en magnitud y dirección de las fuerzas que reciben según su ubicación en el arco, las endocrowns tienen diferentes tasas de supervivencias. A continuación, se presentarán algunas consideraciones al respecto.

INCISIVOS

La indicación de endocrowns en incisivos es controversial debido a que la biomecánica de estos dientes es muy diferente²²: sus coronas clínicas son más altas y estrechas y sometidas a mayores momentos de flexión a causa del tipo de fuerzas que reciben con respecto a los otros tipos de dientes. Además, si consideramos que la cantidad de superficie dental en la que se puede desarrollar adhesión es de 30 mm² en promedio (la mitad de los 60 mm² de una molar), una endocrown en incisivos tendrá serios problemas de retención.

En un análisis de elemento finito, Dejak et al²³ observó que dientes restaurados con postes colados y coronas concentran menor cantidad de estrés que aquellos restaurados con endocrowns. Por otro lado, una revisión sistemática donde se comparaban la resistencia a la fractura de dientes anteriores rehabilitados con endocrowns y poste-muñón/corona no reportaba diferencia significativa entre ambos tipos de restauraciones²¹.

A la fecha, los estudios disponibles todavía son escasos y/o poco concluyentes. Tampoco hay lineamientos clínicos definidos para su preparación y fabricación. Por lo tanto, el uso de poste-muñón/corona continúa siendo recomendada para la restauración de DTE con pérdida extensa de tejido coronal²³. Figura 3.

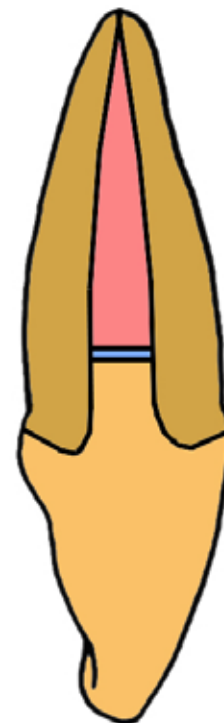
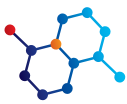


Fig. 3 – Representación gráfica de endocrown en incisivos



PREMOLARES

Las endocrowns podrían considerarse un abordaje factible, en la rehabilitación de premolares tratadas endodónticamente²⁴. Estudios in vitro muestran resultados de integridad marginal y resistencia a la fatiga similares a las coronas^{25,26}. Sin embargo, Bindl et al, encontró que la tasa de supervivencia a los 55 meses para premolares restaurados con endocrowns es de 68% comparadas con el 97% de las coronas. Esta diferencia en supervivencia podría deberse a la menor área de adhesión provista por su estrecha cámara pulpar y la mayor altura coronal propia de los premolares²⁷ que causa mayor efecto de palanca. Figura 4.

Según la evidencia disponible, el desempeño clínico de las endocrowns en premolares todavía es inferior a las molares y habrá que esperar más ensayos clínicos que avalen su indicación de forma más generalizada²⁷⁻²⁹.

Es recomendable analizar cada caso antes de tomar una decisión, considerando factores como la estética, oclusión (participación en guías de lateralidad) y presencia de parafunciones. Tal vez otros abordajes no invasivos de restauraciones parciales adhesivas como onlays u overlays podrían considerarse más apropiados en premolares con pérdida moderada-severa de tejidos.

MOLARES

Los primeros reportes hechos sobre endocrowns fueron en molares¹² y la mayor cantidad de literatura que muestran su buen desempeño clínico es en este tipo de dientes, ya que proveen función, estética e integridad biomecánica cuando el DTE es débil estructuralmente¹⁹.



Fig. 4 – Representación gráfica de endocrown en molares

Govare^{et al}²¹ informa una tasa de supervivencia a 10 años mayor del 90%, lo cual concuerda con los hallazgos de Raghad^{et al}¹⁰, quien muestra una tasa de supervivencia a 5 años de 91.4% para endocrowns, sin diferencias significativas con respecto al 98.3% que muestran las coronas. Sedrez-Porto⁸ reporta datos entre el 94% a 100% de tasa de éxito en endocrowns, sin encontrar dife-

rencias significativas en las estimaciones de éxito entre los tipos de restauraciones estudiadas^{8,14}.

Un aspecto relevante de las endocrowns en molares es su menor probabilidad de falla catastrófica con respecto a las coronas (con o sin poste)²¹. La importancia clínica es que la gran mayoría de fracasos de una endocrown en molares son manejados con una recementación/repación o reemplazo, soluciones mucho menos invasivas que una extracción.

Según el análisis de elemento finito realizado por Mohammed^{et al}³⁰, las endocrowns cerámicas en molares son menos susceptibles al daño que aquellas coronas cerámicas convencionales retenidas por postes de fibra de vidrio debido a que concentran menores cantidades de estrés en dentina y en la restauración, lo cual se relaciona con el hecho de ser una restauración en un solo bloque con una sola interfase adhesiva.

MATERIALES PARA FABRICAR UN ENDOCROWN

Un punto importante por discutir es la selección del material para fabricar una endocrown, ya que estos varían en cuanto a propiedades físico-mecánicas y estas a su vez, repercuten en la resistencia a la fractura y modo de fallo del DTE³¹.

Entre las propiedades físico-mecánicas de un material, hay que repasar brevemente el concepto de módulo de elasticidad que es básicamente una medida de rigidez que, en el caso de una restauración dental, está ligada a la fractura de los materiales restaurativos y tejidos dentales sometidos a algún tipo de estrés. Actualmente, hay una gran disponibilidad de materiales en el mercado, cuyos módulos de elasticidad se presentan en la Tabla 1.

Material	Tipo de cerámica	Módulo de elasticidad (Gpa)
Esmalte ³²	-	84.10
Dentina ³²	-	18.60
LAVA ultimate ^a	Resina nanocerámica	12.80
Filtek P60 ³³	-	19.70
Tetric Flow ³⁴	-	5.30
IPS Empress ³²	Alto contenido de leucita	65.00
CEREC ^a	Feldespática	45.0
IPS e.max CAD ³⁵	Disilicato de litio	100.00

^a Valores obtenidos de la información del fabricante

Tabla 1. Propiedad de los materiales

Una restauración fabricada con un material de alto módulo de elasticidad es rígida, o sea se deforma menos cuando es sometido a cargas masticatorias, pero concentra el estrés en su estructura³⁶. Este comportamiento puede volverlo propenso a la fractura, pero favorece a que la adhesión de la restauración al tejido dental prevalezca, puesto que permite que menor estrés alcance la capa de cemento^{36,37}; en una restauración fabricada con materiales de bajo módulo de elasticidad, sucede lo contra-



rio: el estrés deforma al material, transmitiendo la carga hacia la interfase adhesiva y tejido dental³⁸.

De acuerdo a Damanhoury^{et al31}, las resinas nanocerámicas (Lava Ultimate, 3M ESPE) en comparación con cerámicas feldespáticas (CerecBlocks, Dentsply Sirona) y disilicato de litio (e.Max, Ivoclar Vivadent) poseen mayor resistencia a la fractura, con datos de 1583.28±170.55 N, 1340.92±97.80 Y 1368.76±237.34 N respectivamente. Sin embargo, a pesar de lo expuesto anteriormente, también presentan altas cantidades de microfiltración.

El Ghoul³⁹ evaluó la resistencia a la fractura de endocrowns en molares fabricados con disilicato de litio (IPS e.max CAD; Ivoclar Vivadent AG) y resina nanocerámica (Cerasmart; GC Corp, Europe) y no encontraron diferencias significativas entre ambas (2914 y 2752 N respectivamente) pero el disilicato de litio obtuvo una mayor resistencia a fuerzas laterales comparada con la resina nanocerámica (1516 y 1210 N respectivamente).

Tahan^{et al40}, obtuvieron resultados similares, en donde la resina nanocerámica (Cerasmart, GC Corporation) y el disilicato de litio (e.Max, Ivoclar Vivadent) obtuvieron los valores más altos de resistencia a la fractura (1508.5 y 1479.9N), seguido por las cerámicas con matriz polimérica (Enamic, Vita Zahnfabrik).

Siendo el Disilicato de litio el material de mayor módulo de elasticidad somete a la película del agente cementante a una menor cantidad de estrés y por lo tanto, mejora su durabilidad. Por otro lado, aunque la resina nanocerámica muestre valores similares de resistencia a la fractura, posee niveles superiores de microfiltración.

La importancia de lo anteriormente expuesto es que la elección del material para una endocrown en situaciones de tejido coronal escaso influye en el desarrollo de una sólida adhesión en las interfases de la restauración (material restaurador y tejidos dentales) y a toda costa, es fundamental resguardar la integridad del agente cementante contra los efectos negativos del estrés. Por lo tanto, según lo anterior, solamente el Disilicato de litio puede proveer tal seguridad; situaciones menos demandantes permiten el uso de resinas nanocerámicas⁴¹.

El estudio realizado por El Ghoul³⁹ también compara la resistencia a la fractura de las endocrowns de Disilicato de litio con respecto a rehabilitaciones de DTE con poste de fibra de vidrio/corona, obteniendo valores significativamente mayores (2914 N contra 1347 N respectivamente). Estos resultados pueden deberse a que las endocrowns son restauraciones de un solo bloque, sin las múltiples interfases que sufren estrés como lo hace un poste/corona²⁰. Además, al requerir menor cantidad de preparación, la endocrown preserva el esmalte periférico, que es clave para el éxito de una fuerte adhesión, una mejor distribución de cargas y por ende, alta resistencia a la fractura⁴¹.

Es importante resaltar que las pruebas para evaluar la resistencia a la fractura en los estudios mencionados arrojaron resultados muy por encima de las fuerzas máximas de la masticación que se reportan de 850N en la región molar^{42,43}.

Endocrown. Consideraciones clínicas para su preparación

Uno de los aspectos a resaltar en la preparación de un DTE para que reciba una endocrown es la reducción de la altura oclusal 2 - 3 mm para obtener un grosor adecuado del material restaurador. El margen cervical debe ubicarse supragingival siempre que sea posible. Las paredes de esmalte que tengan menos de 2 mm de grosor deben ser rebajadas.

La profundidad de la cámara pulpar también es un factor clínico por considerar en la supervivencia de las endocrowns: mientras mayor sea la profundidad de la cámara pulpar del diente, mayor será el área de superficie disponible para adherir, mejor el anclaje y transmisión de fuerzas hacia el tejido dental remanente.

Esto fue demostrado por Dartora^{et al44} en donde se comparó la resistencia a la fractura de restauraciones con varias profundidades de cámaras pulpares bajo carga estática, obteniéndose 2008.61 N en el grupo de 5 mm de profundidad, 1795.41 N en el grupo de 3 mm y 1268.12 N en el grupo de 1 mm. Se concluyó que, a mayor extensión de la endocrown dentro de la cámara pulpar, mejor será su desempeño mecánico. (Fig. 5).

Pedrollo Lise^{et al45} realizaron un estudio en premolares, en donde se encontró una mejor resistencia a la fractura en el grupo de las resinas compositas con respecto al Disilicato de litio a 2.5 mm de profundidad, mientras que no se encontraron diferencias entre materiales cuando la profundidad era de 5 mm.

Rocca^{et al25} concluyeron que la longitud de la extensión intracameraral de una endocrown no influye en la integridad marginal y resistencia a la fractura, siempre y cuando tengan entre 2 y 4 milímetros de longitud.

Esto nos indica que, si tenemos una profundidad intracameraral superior, la selección del material restaurador se vuelve secundario y viceversa: de no disponer de una adecuada profundidad intracameraral, la selección del material restaurador si es relevante para garantizar una buena resistencia a la fractura y sellado marginal⁴⁶.

Por lo tanto, la verificación clínica de la profundidad de la cámara pulpar es recomendable para asegurar el éxito de una endocrown. Si la profundidad de la cámara pulpar o el tejido coronal remanente es insuficiente o de escasa calidad para hacer adhesión, probablemente será mejor indicar otro tipo de restauración parcial adhesiva o aun un poste-muñón-corona.

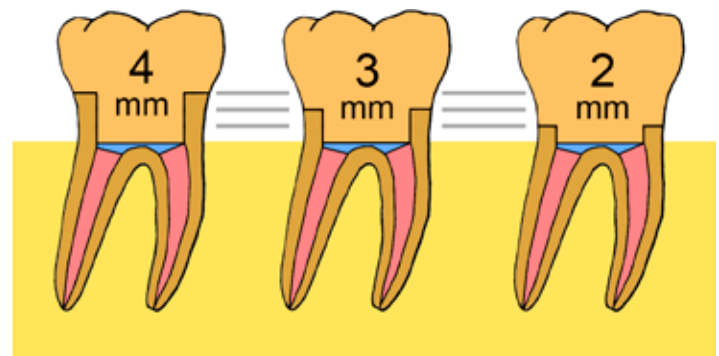
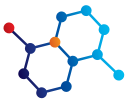


Fig. 5 - Diferentes profundidades de la cámara pulpar



CONCLUSIÓN

Según la evidencia científica, se concluye que las endocrowns todavía no son una alternativa predecible en incisivos y premolares, pero sí podrían considerarse un abordaje confiable para molares con pérdida extensa de tejido coronal, incluso en presencia de factores de riesgo como parafunciones, relaciones interoclusales disfuncionales o altura coronaria clínica inadecuada/espacio interoclusal insuficiente.

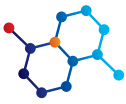
A menor cantidad de tejido remanente, mayor será la concentración de estrés que debe soportar la capa de cemento, por lo tanto, un material con un alto módulo de elasticidad como el Disilicato de litio sería lo más recomendable.

Siempre y cuando la profundidad de la extensión intracameral de una endocrown sea entre 2-4 mm, el material restaurador no será factor determinante en el desempeño clínico de la restauración.



REFERENCIAS

1. Dietschi D, Duc O, Krejci I, Sadan A. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature, Part II (Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies). *Quintessence international* (Berlin, Germany : 1985). 2008;39(2):117–29.
2. Atlas A, Grandini S, Martignoni M. Evidence-based treatment planning for the restoration of endodontically treated single teeth: importance of coronal seal, post vs no post, and indirect vs direct restoration. *Quintessence international* (Berlin, Germany : 1985). 2019;50(10):772–81.
3. Vire DE. Failure of endodontically treated teeth: Classification and evaluation. *Journal of Endodontics*. 1991;17(7):338–42.
4. Schwartz RS RJW. Post Placement and Restoration of Endodontically Treated Teeth. *J Endod*. 2004;30(5):289–301.
5. Eshrak Sofan, PhD Afrah Sofan, PhD Gaspare Palaia, PhD Gianluca Tenore, MD, DDS Umberto Romeo, MD, DDS Guido Migliau, MD D. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Annali di Stomatologia*. 2017;8(1):1–17.
6. de Carvalho MA, Lazari PC, Gresnigt M, Del Bel Cury AA, Magne P. Current options concerning the endodontically-treated teeth restoration with the adhesive approach. *Brazilian Oral Research*. 2018;32:147–58.
7. Magne P, Goldberg J, Edelhoff D, Güth JF. Composite resin core buildups with and without post for the restoration of endodontically treated molars without ferrule. *Operative Dentistry*. 2016;41(1):64–75.
8. Sedrez-Porto JA, Rosa WL de O da, da Silva AF, Münchow EA, Pereira-Cenci T. Endocrown restorations: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*. 2016;52:8–14.
9. Naumann M, Schmitter M, Krastl G. Postendodontic restoration: Endodontic post-and-core or no post at all? *Journal of Adhesive Dentistry*. 2018;20(1):19–24.
10. Al-Dabbagh RA. Survival and success of endocrowns: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2020;1–9.
11. Biacchi GR, Mello B, Basting RT. The endocrown: An alternative approach for restoring extensively damaged molars. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2013;25(6):383–90.
12. Bindl A, Mörmann WH. Clinical evaluation of adhesively placed Cerec endo-crowns after 2 years--preliminary results. *The journal of adhesive dentistry*. 1999;1(3):255–65.
13. Sedrez-Porto JA, Münchow EA, Valente LL, Cenci MS, Pereira-Cenci T. New material perspective for endocrown restorations: Effects on mechanical performance and fracture behavior. *Brazilian Oral Research*. 2019;33:1–12.
14. Belleflamme MM, Geerts SO, Louwette MM, Grenade CF, Vanheusden AJ, Mainjot AK. No post-no core approach to restore severely damaged posterior teeth: An up to 10-year retrospective study of documented endocrown cases. *Journal of Dentistry*. 2017;63:1–7.
15. Guo J, Wang Z, Li X, Sun C, Gao E, Li H. A comparison of the fracture resistances of endodontically treated mandibular premolars restored with endocrowns and glass fiber postcore retained conventional crowns. *Journal of Advanced Prosthodontics*. 2016;8(6):489–93.
16. Chang CY, Kuo JS, Lin YS, Chang YH. Fracture resistance and failure modes of CEREC endo-crowns and conventional post and core-supported CEREC crowns. *Journal of Dental Sciences*. 2009;4(3):110–7.
17. Zarone F, Sorrentino R, Apicella D, Valentino B, Ferrari M, Aversa R, et al. Evaluation of the biomechanical behavior of maxillary central incisors restored by means of endocrowns compared to a natural tooth: A 3D static linear finite elements analysis. *Dental Materials*. 2006;22(11):1035–44.
18. Simonsen RJ. New materials on the horizon. *Journal of the American Dental Association* (1939). 1991;122(7):24–31.
19. Lander E, Dietschi DDS. Endocrowns : A clinical report. 2008;39(2):99–107.
20. Biacchi GR, Basting RT. Comparison of fracture strength of endocrowns and glass fiber post-retained conventional crowns. *Operative Dentistry*. 2012;37(2):130–6.
21. Govare N, Contrepolis M. Endocrowns: A systematic review. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2020;123(3):411–418.e9.
22. Ash M, S N. Wheelers dental anatomy, physiology an occlusion. *Wheelers dental anatomy, physiology an occlusion*. 2003. 297–314.
23. Dejak B, Młotkowski A. Strength comparison of anterior teeth restored with ceramic endocrowns vs custom-made post and cores. *Journal of Prosthodontic Research*. 2018;62(2):171–6.
24. Lin CL, Chang YH, Pai CA. Evaluation of failure risks in ceramic restorations for endodontically treated premolar with MOD preparation. *Dental Materials*. 2011;27(5):431–8.
25. Rocca GT, Daher R, Saratti CM, Sedlacek R, Suchy T, Feilzer AJ, et al. Restoration of severely damaged endodontically treated premolars: The influence of the endo-core length on marginal integrity and fatigue resistance of lithium disilicate CAD-CAM ceramic endocrowns. *Journal of Dentistry*. 2018;68(October 2017):41–50.
26. Zhu J, Rong Q, Wang X, Gao X. Influence of remaining tooth structure and restorative material type on stress distribution in endodontically treated maxillary premolars: A finite element analysis. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2017;117(5):646–55.
27. Bindl A, Richter B, Mörmann WH. Survival of Ceramic Computer-aided Design / Manufacturing. *International Journal of Prosthodontics*. 2005;18(3):219–24.
28. Van Dijken JWV, Hasselrot L, Örmín A, Olofsson AL. Restorations with extensive dentin/enamel-bonded ceramic coverage. A 5-year follow-up. *European Journal of Oral Sciences*. 2001;109(4):222–9.
29. Bindl A, Mörmann WH. Clinical and SEM evaluation of all-ceramic chair-side CAD/CAM-generated partial crowns. *European Journal of Oral Sciences*. 2003;111(2):163–9.
30. Helal MA, Wang Z. Biomechanical Assessment of Restored Mandibular Molar by Endocrown in Comparison to a Glass Fiber Post-Retained Conventional Crown: 3D Finite Element Analysis. *Journal of Prosthodontics*. 2019;28(9):988–96.
31. El-Damanhoury HM, Haj-Ali RN, Platt JA. Fracture resistance and microleakage of endocrowns utilizing three cad-cam blocks. *Operative Dentistry*. 2015;40(2):201–10.
32. Dejak B, Młotkowski A, Langot C. Three-dimensional finite element analysis of molars with thin-walled prosthetic crowns made of various materials. *Dental Materials*. 2012;28(4):433–41.
33. Papadogiannis DY, Lakes RS, Papadogiannis Y, Palaghias G, Helvatjoglu-Antoniades M. The effect of temperature on the viscoelastic properties of nano-hybrid composites. *Dental Materials*. 2008;24(2):257–66.
34. Yaman SD, Şahin M, Aydın C. Finite element analysis of strength characteristics of various resin based restorative materials in Class V cavities. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2003;30(6):630–41.
35. Coldea A, Fischer J, Swain M V., Thiel N. Damage tolerance of indirect restorative materials (including PICN) after simulated bur adjustments. *Dental Materials*. 2015;31(6):684–94.



36. Dejak B. A comparison of mvM stress of inlays, onlays and endocrowns made from various materials and their bonding with molars in a computer simulation of mastication – FEA. *Dental Materials*. 2020;36(7):854–64.
37. João Paulo Mendes Tribst AM de ODP. Full-Crown Versus Endocrown Approach: A 3D-Analysis of Both Restorations and the Effect of Ferrule and Restoration Material. *American college of prosthodontists*. 2020;:1–10.
38. Qualtrough A MF. Tooth-colored post systems: a review. *Operative Dentistry*. 2003;28(1):86–91.
39. El Ghoul W, Özcan M, Silwadi M, Salameh Z. Fracture resistance and failure modes of endocrowns manufactured with different CAD/CAM materials under axial and lateral loading. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2019;31(4):378–87.
40. Taha D, Spintzyk S, Sabet A, Wahsh M, Salah T. Assessment of marginal adaptation and fracture resistance of endocrown restorations utilizing different machinable blocks subjected to thermo-mechanical aging. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2018;30(4):319–28.
41. Sasse M, Krummel A, Klosa K, Kern M. Influence of restoration thickness and dental bonding surface on the fracture resistance of full-coverage occlusal veneers made from lithium disilicate ceramic. *Dental Materials*. 2015;31(8):907–15.
42. Ivan Eijden TMGJ. Three-dimensional analyses of human bite-force magnitude and moment. *Archives of Oral Biology*. 1991;36(7):535–9.
43. Waltimo A, Könönen M. Maximal bite force and its association with signs and symptoms of craniomandibular disorders in Young finnish non-patients. *Acta Odontologica Scandinavica*. 1995;53(4):254–8.
44. Dartora NR, de Conto Ferreira MB, Moris ICM, Brazão EH, Spazin AO, Sousa-Neto MD, et al. Effect of Intracoronal Depth of Teeth Restored with Endocrowns on Fracture Resistance: In Vitro and 3-dimensional Finite Element Analysis. *Journal of Endodontics*. 2018;44(7):1179–85.
45. Pedrollo Lise D, Van Ende A, De Munck J, Umeda Suzuki TY, Cardoso Vieira LC, Van Meerbeek B. Biomechanical behavior of endodontically treated premolars using different preparation designs and CAD/CAM materials. *Journal of Dentistry*. 2017;59:54–61.
46. Caputo A SJ. Endocrown restorations: Influence of dental remnant and restorative material on stress distribution. *Biomechanics in Clinical dentistry*. 1987;34(10):1466–73.