

COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A LA FRACTURA DE ÓRGANOS DENTARIOS INCISIVOS INFERIORES CON ACCESOS ENDODÓNTICOS: CONVENCIONAL, MÍNIMAMENTE INVASIVO E INCISAL POR PRUEBA UNIVERSAL DE COMPRESIÓN Y METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN APLICANDO ANÁLISIS POR ELEMENTO FINITO

Rosario Jiménez Flores^a, Alfonso Reyes Méndez^b, Juan Manuel Jiménez Rodríguez^b, Ana Luz Muñoz Zurita^b, R.C. Ambrosio Lázaro^b, J. Flores Méndez^b

^aFacultad de Estomatología-Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México, s.h.on@hotmail.com

^bFacultad de Ciencias de la Electrónica-Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México, poncho_o@hotmail.com, jm.jimenez.rodriguez@hotmail.com, anniezurita@gmail.com, roberto.ambrosio@correo.buap.mx, xavier_snk@hotmail.com

RESUMEN

En el presente trabajo se utiliza una máquina de prueba universal de tensión/compresión y el análisis por elemento finito, para aplicar una carga a compresión y estudiar el comportamiento mecánico a través del eje longitudinal y paredes de un órgano dentario (incisivo inferior) con un diseño de acceso endodóntico convencional, mínimamente invasivo e incisal con el objetivo de determinar cuál de estos diseños soporta una mayor carga incisal (carga a compresión que surgen de la función masticatoria cuando un diente superior incide con el diente antagonista inferior) y definir las zonas de concentración de esfuerzos y deformaciones que proporcionen una idea de la forma en que fallará la pieza dentaria. Se identifica que el diseño de acceso endodóntico incisal presenta mayor resistencia a la fractura y deformación por carga compresiva.

Palabras clave: Resistencia a la fractura, órgano dentario, análisis por elemento finito.

ABSTRACT

In the present work a universal tensile/compression test machine and finite element analysis are used for to apply a compressive load and to study the mechanical behavior through the longitudinal axis and walls of a dental organ (lower incisor) with a conventional, minimally invasive and incisal endodontic access design with the objective of determining which of these designs supports a higher incisal load (compressive load arising from the masticatory function when an upper tooth impinges with the lower antagonist tooth) and define the areas of concentration of stresses and deformations that provide an idea of how the tooth will fail. It is identified that the design of incisal endodontic access presents greater resistance to the fracture and deformation by compressive load.

Key words: Resistance to fracture, dental organ, analysis by finite element.

1. INTRODUCCIÓN

El acceso endodóntico es la principal maniobra para realizar un tratamiento que permite la entrada al sistema de conductos radiculares para su preparación químico-mecánica, así como, la obturación de dicho sistema de conductos. Los accesos extensos, comprometen la estructura dentaria, debilitando el órgano dentario con el riesgo de presentar fractura. Un acceso en un diente incisivo, a 45° y luego a 90° facilita un efecto de cuña sobre el diente involucrado. Aunado a un acceso de mayores dimensiones, la rehabilitación requiere de preparaciones extensas y materiales más invasivos por lo que la restauración ya no será conservadora, su costo se elevará por la necesidad de un elemento rector y en ocasiones de una corona total, además una restauración directa rígida, entre más grande el acceso, favorece a la fractura del diente. La rigidez de las aleaciones metálicas de los instrumentos rotatorios endodónticos, y su gran masa de la sección transversal, favorecía que estos instrumentos se rompieran (separación), lo que implicó la necesidad de hacer los accesos más grandes, libres de retenciones para evitar la fatiga de los instrumentos [1-3]. No existen estudios previos acerca de la resistencia a la fractura o de la distribución de fuerzas en la estructura remanente en dientes incisivos inferiores con distintos diseños de accesos; convencionales, mínimamente invasivos e incisales. Recientemente se ha empleado el uso de MEF (Método del elemento Finito) en el área odontológica, mediante pruebas aplicadas a materiales e instrumental dental, proporcionando confiabilidad en los resultados obtenidos ya que se reproducen las características físicas del objeto, así como de las fuerzas; compresivas y direccionales que sufre dicho objeto en la realidad [4-7]. No se han registrado estudios que determinen la distribución de fuerzas ya sea por medio de un software o de algún modelo físico de aplicación de fuerzas, con máquinas universales de pruebas en un órgano dentario que será tratado endodónticamente con un acceso cameral previo. Los resultados del presente estudio comprueban, que el remanente dentinario está asociado a la producción de fracturas dentarias y que el diseño del acceso endodóntico y los puntos críticos de abordaje debilitan la estructura dental, por lo tanto, es importante identificar el diseño de acceso endodóntico que presente mayor resistencia a la fractura y deformación.

2. METODOLOGÍA

La presente investigación tiene por objeto determinar la resistencia a la fractura de accesos endodónticos convencionales, mínimamente invasivos e incisales, el estudio se llevó a cabo in-vitro con una población de 24 órganos dentarios incisivos inferiores con indicación de extracción a los que se les realizó dichos accesos (Fig. 1). Se utilizaron 8 órganos dentarios para cada tipo de acceso.



Figura 1. Órganos dentarios incisivos inferiores

Los datos geométricos se recolectaron ex-profeso, que consiste en una tabla de mediciones de longitudes y anchos de los órganos dentarios incluidos en cada tipo de acceso, donde se obtuvieron promedios de medidas para cada grupo experimental (Tabla 1).

Tabla 1. Promedio de longitud, ancho y espesor de los órganos dentarios incluidos por grupo experimental

| ACCESO ENDODÓNTICO | PROMEDIO | | | |
|----------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| | Longitud corono-apical (mm) | Longitud mesio-distal (mm) | Máximo espesor-Cervical (mm) | Máximo espesor-Incisal (mm) |
| Convencional | 20.95 | 6.19 | 6.50 | 2.51 |
| Mínimamente Invasivo | 20.24 | 4.99 | 5.817 | 1.75 |
| Incisal | 21.82 | 5.9 | 6.54 | 2.62 |

Los órganos dentarios incisivos inferiores se colocaron en un molde diseñado con Polivinil-Siloxano, donde se llenaron de acrílico hasta la unión cemento-esmalte, para su posterior colocación en la máquina de prueba universal a compresión [8,9], las pruebas se realizaron para una carga a velocidad de $1\text{cm} \times 1\text{min}$, con una angulación de muestras a 30° , ver Fig. 2.

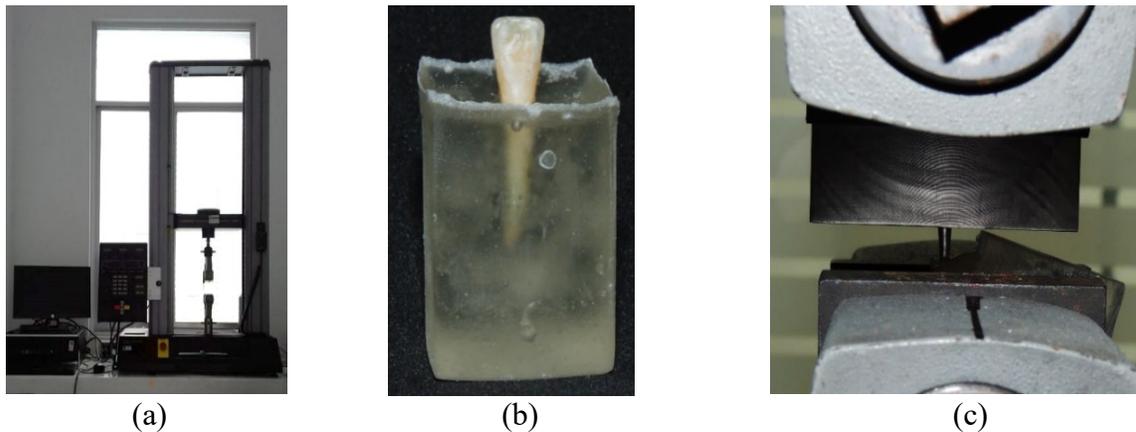
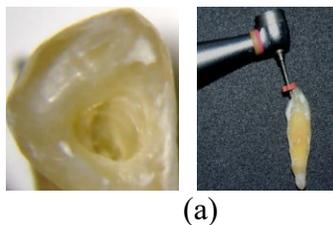


Figura 2. Montaje para el ensayo a compresión de órganos dentarios.

En la Fig. 3(a)-(d) se observa la forma de la cavidad de las muestras para cada acceso endodóntico, posteriormente se restauraron con resina compuesta, marca Filtek Z250 color A3, siguiendo la técnica de fotopolimerización de contracción guiada.



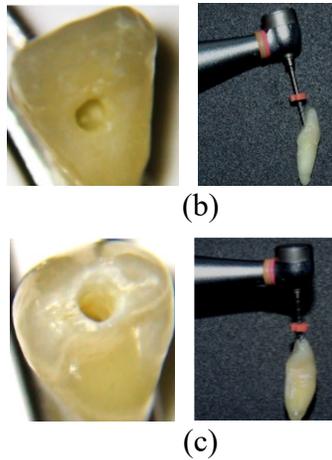


Figura 3. Acceso endodóntico convencional (a), mínimamente invasivo (b) e incisal (c)

3. RESULTADOS

Los resultados de los ensayos a compresión para cada acceso endodóntico se muestran en la Fig. 4. En la tabla 2 se establecen los promedios de los valores máximos de fuerza y desplazamiento para cada grupo experimental a los cuales sucedió la fractura.

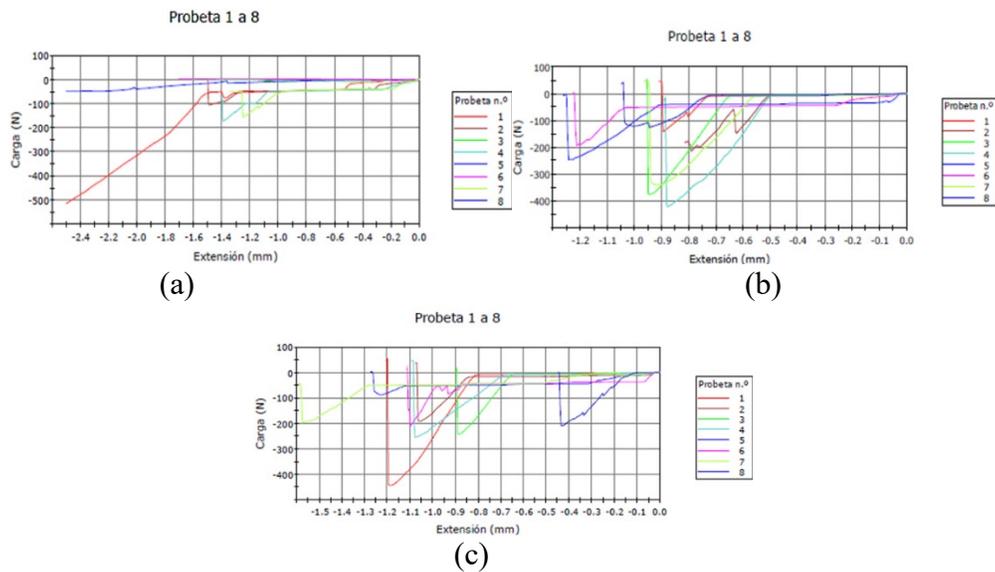


Figura 4. Resultados de los ensayos a compresión para 8 órganos dentarios de accesos endodónticos convencional (a), mínimamente invasivo (b) e incisal (c)

Tabla 2. Promedio de los valores máximos a la fractura de fuerza y desplazamiento para cada grupo experimental.

| ACCESO ENDODÓNTICO | PROMEDIO | |
|----------------------|-------------------|----------------------------|
| | Fuerza Máxima (N) | Desplazamiento Máximo (mm) |
| Convencional | 232.22 | 1.37 |
| Mínimamente Invasivo | 229.25 | 1.12 |
| Incisal | 256.73 | 1.11 |

Para establecer una metodología de pruebas no destructivas en piezas dentarias se diseñó un modelo tridimensional con las medidas promedio de cada acceso endodóntico. La dentina constituye la mayor parte de la estructura dental y sus propiedades son determinantes en casi todos los procedimientos de odontología restauradora [10], su módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson son: 18600 MPa y 0.31, respectivamente. Para la resina compuesta, módulo de elasticidad: 16600 MPa y coeficiente de Poisson: 0.24. Dicho modelo en CAD y propiedades mecánicas serán empleados en el modelado y simulación por elemento finito computacional. Utilizando una malla tetraédrica fina de aristas curvas en el software de diseño CATIA V.5 R21 y los valores máximos de fuerza de la Tabla 2, se obtiene la distribución y concentración de esfuerzos para cada grupo experimental, además de los valores y ubicación geométrica de la deformación (Fig. 5-6).

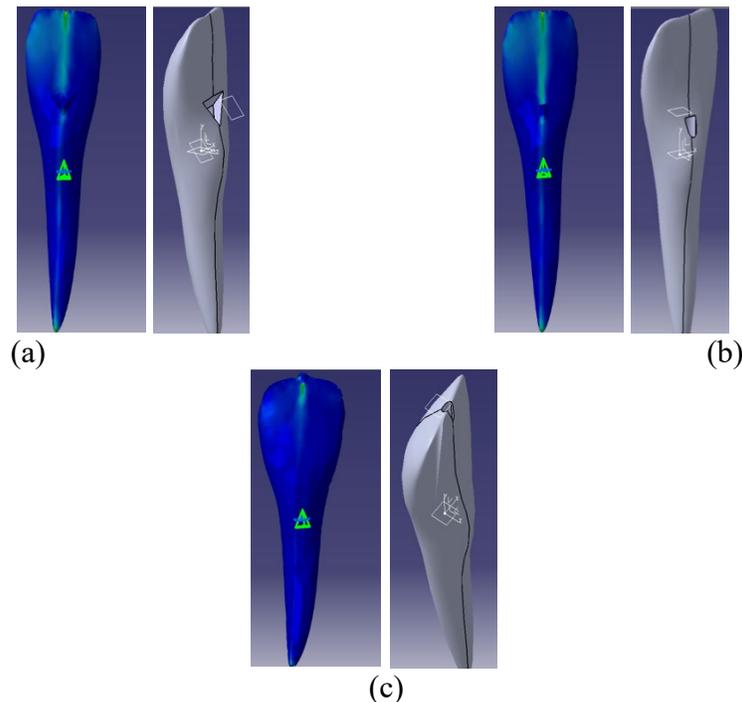


Figura 5. Modelado y simulación de los valores y distribución de esfuerzos para los accesos endodónticos convencional (a), mínimamente invasivo (b) e incisal (c)

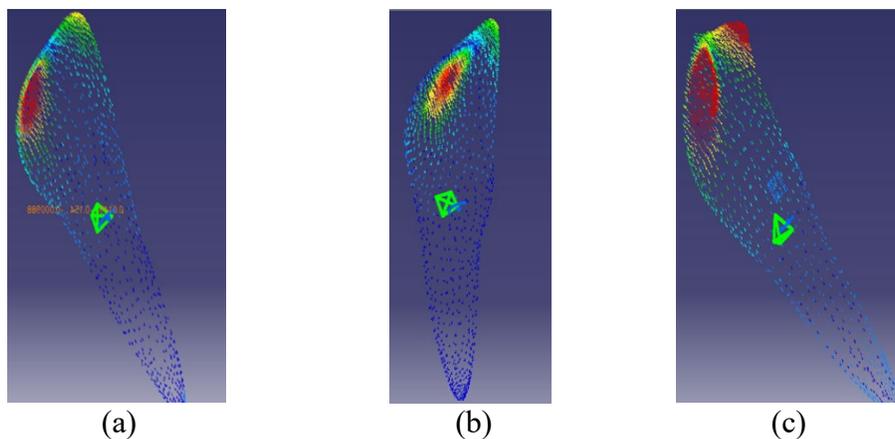


Figura 6. Modelado y simulación de los valores y distribución de deformación para los accesos endodónticos convencional (a), mínimamente invasivo (b) e incisal (c)

En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos por modelado y simulación mediante elemento finito computacional de cada grupo experimental.

Tabla 3. Valores máximos de esfuerzo y desplazamiento para cada grupo experimental.

| ACCESO ENDODÓNTICO | PROMEDIO | |
|----------------------|-----------------------|----------------------------|
| | Esfuerzo Máximo (GPa) | Desplazamiento Máximo (mm) |
| Convencional | 69.70 | 1.788 |
| Mínimamente Invasivo | 74.70 | 1.773 |
| Incisal | 165.80 | 1.720 |

Las ventajas del modelado y simulación en mecánica computacional es la de observar las zonas con mayor concentración y la distribución de esfuerzos y desplazamientos, los cuales dan una idea de la tendencia de ruptura (fractura) de la pieza dentaria. Como pudo observarse, los resultados por elemento finito se validan experimentalmente con los valores del desplazamiento proporcionados por el ensayo de compresión. Uno de los objetivos de los accesos endodónticos, incluye conseguir un acceso en línea recta hasta el foramen apical o hasta la curvatura inicial del conducto, de esta manera se consigue una irrigación, conformación, limpieza completa y una correcta obturación para conservar la estructura dental sana.

4. CONCLUSIONES

El grupo de acceso convencional, presenta una resistencia de carga de fractura intermedia de 232.22 N con una concentración de esfuerzos más baja, respecto a los otros dos accesos. El análisis por elemento finito, pronostica una deformación máxima de 1.788 mm y un patrón de concentración de esfuerzo por debajo de la unión cemento-esmalte, traduciéndose en una fractura desfavorable para una posible rehabilitación post-fractura, la validación por medio de FEA, coincide con las evidencias fotográficas y radiográficas del Anexo 1. Por lo tanto, este tipo de diseño de acceso es el que compromete desfavorablemente la estructura dentaria remanente, condenándola a la extracción después de sufrir una fractura, sin posibilidad de rehabilitación. Cabe señalar, que en este tipo de acceso no se forzan los instrumentos endodónticos, la limpieza y desinfección es facilitada por las amplias dimensiones del acceso.

Por otra parte, el grupo de accesos mínimamente invasivos presentó menor resistencia de carga a la fractura (229.25 N), aunque la concentración de esfuerzos es intermedia respecto a los accesos incisal y convencional. Este tipo de accesos presenta ciertas limitaciones en su diseño, ya que el abordaje al sistema de conductos es reducido, los instrumentos endodónticos sufren esfuerzo y deformación, el intercambio de los irrigantes es insuficiente, por lo que una limpieza y desinfección se ven comprometidas. La obturación por medio de una técnica de compactación vertical también se dificulta, por el espacio reducido para realizar una adecuada compactación. El análisis por MEF, proporciona una deformación de 1.773 mm y un patrón de concentración de esfuerzo limitado a la unión cemento-esmalte, representando un patrón de fractura en forma de “V” (el cual coincide con las evidencias del Anexo 1),

favorable para una rehabilitación post-fractura, aunque involucre tratamientos restauradores adicionales.

Finalmente, el grupo de accesos incisales fue el que presentó mayor resistencia a la carga de fractura, con un valor de 256.73 N, por consiguiente una mayor concentración de esfuerzo, comparado con los accesos mínimamente invasivos y convencionales. El acceso incisal, permite un abordaje paralelo al eje longitudinal del órgano dentario, evita la torsión, deformación y esfuerzo mecánico de los instrumentos endodónticos. La irrigación y desinfección es efectiva, debido a que la aguja de irrigación alcanza una longitud ideal para el intercambio del irrigante, la obturación por medio de técnica de compactación vertical no presenta complicaciones. El análisis por MEF, proporciona el comportamiento máximo de deformación de 1.720 mm, la deformación es uniforme, distribuida hacia la raíz del órgano dentario, absorbiendo las cargas equitativamente por el eje longitudinal del órgano dentario y tejidos periodontales adyacentes (ligamento periodontal y hueso alveolar), protegiendo al diente de una fractura desfavorable. El patrón de distribución de esfuerzos se distribuye hacia ambos ángulos incisales de las caras proximales, resultando en un patrón de fractura oblicuo en tallo, limitándose a la corona y protegiendo la proporción radicular, lo cual se valida con las pruebas experimentales del Anexo 1.

Se puede resumir que no solo es importante la resistencia a la carga que soportan los órganos dentarios a la fractura, sino también la distribución de esfuerzo y deformaciones que definen un probable patrón de fractura para poder realizar una rehabilitación post-fractura. De los análisis anteriores se concluye que el acceso incisal es el que mejor protege al órgano dentario con un mejor pronóstico para una rehabilitación post-fractura.

ANEXO 1

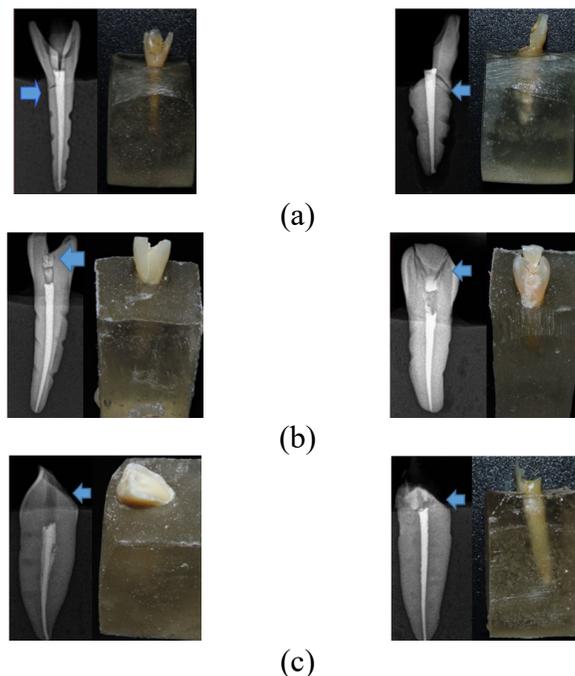


Figura A.1. Radiografías de las pruebas destructivas (fractura) en órganos dentarios incisivos inferiores por carga a compresión con accesos endodónticos convencional (a), mínimamente invasivo (b) e incisal (c)

4. REFERENCIAS

- [1]. Clark D. Las nuevas formas de acceso endodóntico, *Dental Tribune Hispanic & Latin America*, Vol. 9(11), 2012.
- [2]. Ingle, John I. *Endodóncia*. 5 ed. Ed. McGraw Hill Interamericana. México, 2002.
- [3]. Vire D.E. Failure of endodontically treated teeth: clasification and evaluation. *Journal of Endodontics*, Vol. 17 (7), 1991.
- [4]. Ho M., Lee S. Three dimensional finite element analysis of the effects of post on stress distribution in dentin. *J. Prosthet Dent*, Vol. 72(4), 1994.
- [5]. Mantilla F. y Malaga J. Distribution of strains by finite element analysis in directly and indirectly restored teeth after endodontic treatment. *Kiru*, Vol. 4(1), 2008.
- [6]. Coelho P.G, Calamia C., Harsono M., Thompson V.P., Silva N.R. Laboratory and FEA evaluation of dentin-to-composite bonding as a function Finite element analysis, *Indian J Dent Res.*, Vol. 24(10), 2008.
- [7]. Bilan M., Wailld N. Finite element stress analysis of endodontically treated teeth restored by prefabricated post. *Int. J. Bagh College Dentistry*. Vol. 17(3), 2005.
- [8]. Crespo Barahona M. E., et al. In vitro comparison of resistance to compressive forces of healthy teeth, with direct endodontics and reconstruction; and rehabilitated with a dental fiberglass posts cylindrical through the universal testing machine. *Revista Odonto-Investigación*, 2015.
- [9]. Vallejo M., Maya C., Martínez N. Resistencia a la fractura de dientes con raíces debilitadas usando postes con y sin relleno radicular. *Revista Odontológica Mexicana*, Vol. 19(3), 2015.
- [10]. [10] Fuentes Fuentes Ma.V., *Propiedades mecánicas de la dentina humana*, *Avances en Odontoestomatología*, Vol. 20 (2), 2004.