



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS AVANZADOS EN
ODONTOLOGÍA "DR KEISABURO MIYATA"**

**EFFECTOS DE LA ESTERILIZACIÓN CON AUTOCLAVE EN LA
FATIGA CÍCLICA DEL SISTEMA ROTATORIO TF TWISTED FILES
DE SYBRONENDO**

PROYECTO TERMINAL

**QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE:
ESPECIALISTA EN ENDODONCIA**

PRESENTA:

C.D. CAROLINA CEBALLOS POLANCO

DIRECTOR:

M. en EME IGNACIO JIMÉNEZ BUENO

ASESOR:

Dr. en C.S. ULISES VELÁZQUEZ ENRÍQUEZ



TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO, JUNIO DE 2017

“Puede el que cree que puede”

APP

Índice

Contenido	Páginas
Resumen.....	ii
Introducción.....	iii
1. Antecedentes.....	1
1.1 Limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares.....	1
1.2 Instrumentos endodónticos.....	2
1.2.1 Clasificación de los instrumentos endodónticos.....	3
1.2.2 Instrumentos endodónticos de Níquel-Titanio.....	4
1.2.2.1 Efecto de la memoria de forma de los instrumentos de Níquel-Titanio.....	8
1.2.2.2 Ventajas de los instrumentos de Níquel-Titanio.....	9
1.2.2.3 Desventajas de los instrumentos de Níquel-Titanio.....	10
1.2.2.4 Recomendaciones de los instrumentos de Níquel-Titanio.....	11
1.2.2.5 Diseño de los instrumentos de Níquel-Titanio.....	11
1.2.2.6 Fabricación de los instrumentos rotatorios de Níquel-Titanio.....	13
1.2.2.7 Sistema Rotatorio TF Twisted Files SybronEndo.....	14
1.2.2.8 Esterilización de los instrumentos endodónticos.....	15
2. Planteamiento del problema.....	17
3. Justificación.....	18
4. Hipótesis.....	19
5. Objetivos.....	20
6. Diseño metodológico.....	21
7. Resultados.....	27
7.1 Grupo I. Tres limas nuevas del sistema rotatorio TF Twisted Files bajo microscopía electrónica de barrido.....	27
7.2 Grupo II. Cinco limas nuevas TF Twisted Files después de un ciclo en autoclave.....	28
7.3 Grupo III. Cinco limas nuevas TF Twisted Files después de tres ciclos en autoclave.....	29
7.4 Grupo IV. Cinco limas nuevas TF Twisted Files después de seis ciclos en autoclave.....	30
7.5 Tabla 1. Grupos experimentales del Sistema Rotatorio TF Twisted Files....	33
8. Discusión.....	34
9. Conclusiones.....	37
10. Referencias Bibliográficas.....	38
11. Anexos.....	43

Resumen

Los instrumentos utilizados en odontología son múltiples y permanentemente experimentan transformaciones buscando mejorar sus propiedades físicas. La flexibilidad del Níquel-Titanio lo convierte en un material ideal para ser usado en la fabricación de instrumentos en Endodoncia. El objetivo de este estudio es analizar la resistencia a la fatiga cíclica del sistema rotatorio TF Twisted Files después de varios ciclos de esterilización con autoclave. Un total de 18 instrumentos rotatorios nuevos TF Twisted Files 30/0.06 de 23 mm fueron seleccionados y divididos en 4 grupos para realizar un estudio experimental, transversal, comparativo y prospectivo. Los instrumentos fueron sometidos a esterilización por 20 minutos a 132° C en autoclave: GI (n=3, sin esterilización), GII (n=5, 1 ciclo de esterilización), GIII (n=5, 3 ciclos de esterilización) y GIV (n=5, 6 ciclos de esterilización). Posteriormente, los instrumentos se analizaron con microscopio electrónico de barrido y, finalmente, fueron sometidos de manera individual a una prueba de resistencia a la fatiga cíclica con un dispositivo que simula el conducto radicular. Los resultados del estudio mostraron que la esterilización con autoclave a 1, 3 y 6 ciclos no afecta significativamente la resistencia a la fatiga cíclica. En otras palabras, se puede concluir que a mayor número de ciclos de esterilización con autoclave se observa un ligero aumento en la resistencia a la fatiga cíclica.

Introducción

A lo largo de la historia los instrumentos en Endodoncia han sufrido gran cantidad de cambios, dando lugar, a un sin fin de investigaciones. Los fabricantes se encuentran bajo una constante lucha por producir el mejor sistema rotatorio disponible en el mercado.

La aleación de Níquel-Titanio (Ni-Ti) fue desarrollada a principios de la década de 1960 por William Buehler. Esta aleación posee la propiedad de recuperar su forma original después de someterse a grandes deformaciones a través del calentamiento, efecto conocido como memoria de forma, o mediante la eliminación de la carga, lo que se conoce como efecto superelástico. En 2008, el sistema rotatorio TF Twisted Files de SybronEndo es fabricado con el tratamiento térmico de Fase R, obteniendo como resultado limas 70% más flexibles y 2-3 veces más resistentes a la fatiga cíclica. Como veremos más adelante, esta propiedad permite que los instrumentos se adapten a las diferentes curvaturas de los conductos radiculares.

El objetivo de este proyecto de investigación es brindar información sobre las características del sistema rotatorio TF Twisted Files de tal manera que el especialista pueda utilizarlo con total dominio debido al conocimiento de sus características aprovechando las ventajas que brinda para obtener resultados de calidad al momento de su uso con el paciente. Por otra parte, en vista de que los instrumentos odontológicos y particularmente, los endodónticos experimentan cambios importantes con el uso, este trabajo de investigación puede representar el punto de partida para que colegas y alumnos opten por realizar trabajos de investigación relacionados con este tema más adelante y ampliar esta información.

1. Antecedentes

1.1 Limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares

La etiopatogénesis de las infecciones endodónticas y la importancia de los microorganismos involucrados en los cambios pulpo-periapicales han sido ampliamente estudiados. Es muy importante que los especialistas conozcan a profundidad la estrecha relación que existe entre la presencia de microorganismos y los procesos patológicos endodónticos, con la finalidad de obtener medios efectivos que aseguren su control y eliminación, para realizar un buen tratamiento y conseguir el éxito. ^(1, 2)

El principal problema en el tratamiento endodóntico es la total eliminación de microorganismos y de los minúsculos fragmentos de tejido vital y necrótico remanentes dentro del sistema de conductos radiculares. Muchos odontólogos se han fiado más de la farmacoterapia que de la preparación biomecánica del sistema de conductos radiculares. ⁽³⁾

El tratamiento del sistema de conductos radiculares consiste en la eliminación completa de la pulpa que ha sufrido un daño irreversible y de todo el tejido remanente, limpieza, conformación y obturación del sistema de conductos radiculares, de manera que se pueda conservar el diente como una unidad funcional dentro del arco dental. ⁽⁴⁾

En 1958, Ingle señala que el éxito en el tratamiento del sistema de conductos radiculares está en el cumplimiento de la llamada Tríada Endodóntica, compuesta por tres principios básicos: asepsia, preparación biomecánica y sellado apical. ⁽⁴⁾

Schilder en 1967, denominó limpieza y conformación, a la eliminación de todo el sustrato orgánico del sistema de conductos radiculares, así como a la elaboración de una forma determinada dentro de cada conducto para la recepción de una obturación hermética y tridimensional en todo el espacio de éstos, destacando la necesidad del desbridamiento, que consiste en retirar del sistema de conductos radiculares los irritantes existentes. ⁽⁴⁾

El proceso de limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares, es una fase del tratamiento endodóntico en la que se emplean soluciones de irrigación intraconducto y gran variedad de instrumentos que tienen, a su vez, una composición de materiales diversos como lo son el acero inoxidable y la aleación de Níquel-Titanio. (1, 5)

1.2 Instrumentos endodónticos

En 1938 Edward Mayard (Fig. 1) creó el primer instrumento endodóntico a partir de un muelle de reloj; desarrolló otros para utilizarlos con el objetivo de limpiar y conformar el sistema de conductos radiculares. (6)



Figura 1. Edward Mayard, idealizador del primer instrumento endodóntico.

http://image1.findagrave.com/photos250/photos/2011/18/41804589_129550613321.jpg

En 1955 John I. Ingle en la Facultad de Odontología de la Universidad de Washington EEUU, impulsó la fabricación de instrumentos endodónticos estandarizados. (6, 7)

En 1962 se creó un comité de estandarización, integrando por los fabricantes y la American Association of Endodontists (AAE); en la actualidad se le conoce como International Standards Organization (ISO). Finalmente, 18 años después de que Ingle

y Levine propusieron por primera vez la estandarización en 1958, en 1976 se aprobaron las primeras especificaciones acerca de los instrumentos diseñados para utilizarse dentro del conducto radicular (norma núm. 28 de la ADA). ⁽⁸⁾

1.2.1 Clasificación de los instrumentos endodónticos

Los instrumentos endodónticos utilizados para realizar la limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares se subdividen según su forma de empleo:

- *Grupo I:* Son instrumentos únicamente de uso manual como por ejemplo; limas tipo K (Kerr), limas H (Hedstrom), tiranervios o sondas barbadadas, condensadores y espaciadores.
- *Grupo II:* Tienen el diseño semejante al grupo I, sin embargo, están fabricados para insertarse en una pieza de mano. En este grupo se incluyen los instrumentos rotatorios de Níquel-Titanio.
- *Grupo III:* Son instrumentos de propulsión mecánica de baja velocidad como por ejemplo; las fresas Gates-Glidden y las fresas Peeso. ^(5, 8)

Inicialmente se utilizó el acero al carbono para fabricar los instrumentos endodónticos.

⁽⁵⁾ Hasta la última década del siglo pasado, los instrumentos endodónticos se fabricaban principalmente de acero inoxidable debido a sus mejores propiedades. Sin embargo, a principios de esta misma década (1990), se incorpora a la práctica endodóntica varios sistemas de instrumentos fabricados de Níquel-Titanio (Fig. 2). Esta nueva generación de instrumentos varió con relación a los diseños en lo que respecta a la conicidad, las longitudes de las hojas de corte y el diseño de la punta. ⁽¹⁾

La superelasticidad y la memoria de forma son propiedades únicas de la aleación que confieren una gran flexibilidad facilitando la conformación de conductos curvos y estrechos permitiéndole al instrumento seguir efectivamente la trayectoria original del conducto radicular evitando deformaciones. ⁽⁵⁾ Así mismo, han disminuido sustancialmente la incidencia de varios problemas clínicos, como bloqueos, escalones, transportación y perforaciones; sin embargo, tienen tendencia a fracturarse con más facilidad los instrumentos rotatorios que los instrumentos manuales. ⁽⁹⁾

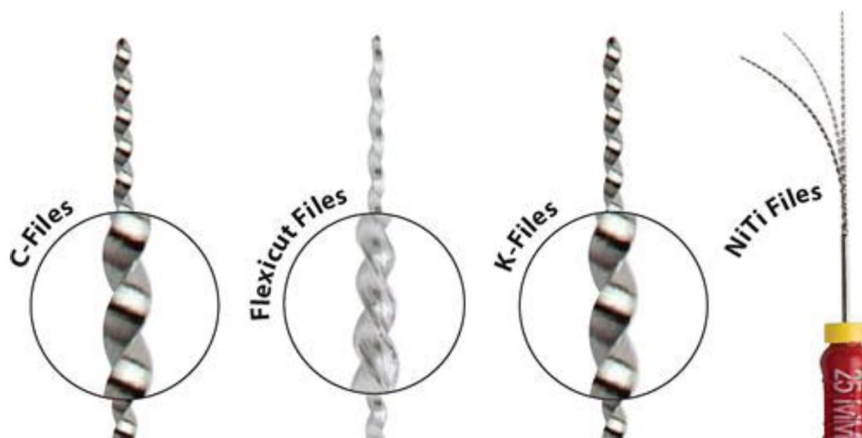


Figura 2. Instrumentos de acero inoxidable vs. Níquel-Titanio.

http://d3gyiijzpk1c44.cloudfront.net/upload/product_photos/base/0/23/158/original1.1547835.1.jpg

1.2.2 Instrumentos endodónticos de Níquel-Titanio

La aleación de Níquel-Titanio (NiTi) fue desarrollada a principios de la década de los sesenta por William Buehler (Fig. 3), un ingeniero metalúrgico del Naval Ordnance Laboratory, en Silverspring, Maryland, Estados Unidos.



Figura 3. W. Buehler, metalúrgico del Laboratorio Naval de Ordnance de E.U.A.

<http://chemistry-of-nitinol.synthasite.com/resources/fulltext.jpg1.jpg>

El nombre de Nitinol, un acrónimo de los elementos que la conforman; Ni de níquel, ti de titanio y nol por Naval Ordnance Laboratory es el nombre que recibe una familia de aleaciones intermetálicas de Níquel-Titanio. ^(5, 10) Esta aleación posee la habilidad de recuperar su forma original después de someterse a grandes deformaciones a través del calentamiento, efecto conocido como memoria de forma, o mediante la eliminación de la carga, lo que se conoce como efecto superelástico. ⁽¹¹⁾

La primera aplicación de esta aleación en odontología fue para los alambres de ortodoncia, debido a su gran resistencia a la fatiga, fue introducida por George F. Andreasen de la Universidad de Iowa en 1971. Sólo hace pocos años, gracias al avance tecnológico y a la asociación de la metalurgia con la endodoncia, se comenzaron a fabricar limas de aleación Níquel-Titanio, confiriéndoles a las mismas compatibilidad biológica, alta resistencia a la corrosión, torsión inalterada bajo procedimientos de esterilización, superelasticidad, memoria de forma y resistencia a la fractura (Fig. 4). ^(6, 12)



Figura 4. Sistema Rotatorio de Níquel-Titanio.

La aleación de Níquel-Titanio usada en la fabricación de instrumentos endodónticos contiene aproximadamente un 56% de níquel y un 44% de titanio. En algunas aleaciones, un pequeño porcentaje de níquel (menor al 2%) puede ser sustituido por cobalto. ⁽¹⁰⁾

En el año 2007, se introduce la aleación M-Wire, una variante de la aleación Nitinol, sometida a un proceso de tratamiento propio, el cual comprende la elaboración del alambre en bruto bajo una tensión específica y unos tratamientos térmicos a diferentes temperaturas, dando como resultado un material que incluye tanto la fase martensítica como la fase R premartensítica manteniendo su estado pseudoelástico (Fig. 5) ⁽¹³⁾



Figura 5. Sistema rotatorio Reciproc M-Wire.

<http://www.gunz.com.au/files/imagecache/large/images/Reciproc.jpg>

Poco después, en 2008, SybronEndo desarrolla un nuevo proceso de fabricación con el que aparecen los instrumentos rotatorios TF Twisted Files (Fig. 6). Estas limas se crean mediante la transformación de estructura de un alambre de Níquel-Titanio puro, de fase austenita a fase R (estructura intermedia entre austenita y martensita, de forma romboidal) mediante un proceso térmico de calentamiento y enfriamiento, lo cual ocurre dentro de un rango de temperatura muy estrecho. En fase R, el Níquel-Titanio no puede ser fresado pero sí torsionado o trenzado, por lo que se somete a este proceso junto a una serie de ciclos repetidos de calentamiento y enfriamiento para mantener su nueva forma y volver otra vez a la estructura austenítica. En fase R la aleación muestra sus características de superelasticidad y memoria de forma, por lo que una lima fabricada de esta aleación debería ser más flexible que las limas existentes hasta ese momento. ⁽¹³⁾



Figura 6. Sistema Rotatorio Twisted Files, Fase R.

<http://www.dentalazul.com/wp-content/uploads/2013/05/tf-twisted-file-and-logo.gif>

En 2010 se desarrolla la aleación CM-Wire. Las limas con esta aleación han sido fabricadas usando un proceso termomecánico especial que controla la memoria del material, haciéndolas extremadamente flexibles (Fig. 7). Shen y cols., observaron que los instrumentos de CM-Wire son 300%-800% más resistentes a la fatiga cíclica que instrumentos hechos de Níquel-Titanio convencional. ⁽¹³⁾



Figura 7. Sistema Rotatorio Hyflex CM-Wire.

http://www.dentalpaivanovo.com/media/catalog/product/cache/1/image/265x265/17f82f742ffe127f42dca9de82fb58b1/h/y/hyflex_unidade_1.png

1.2.2.1 Efecto de la memoria de forma de los instrumentos de Níquel-Titanio

La aleación de Níquel-Titanio posee en su composición dos fases cristalinas (Fig. 8). Mientras es suave y fácilmente deformable en su forma de más baja temperatura es conocida como martensita; recupera su forma y rigidez original cuando se calienta hasta su forma de más alta temperatura conocida como austenita. Esto se conoce como efecto de memoria de forma de un sólo sentido. (14, 15)

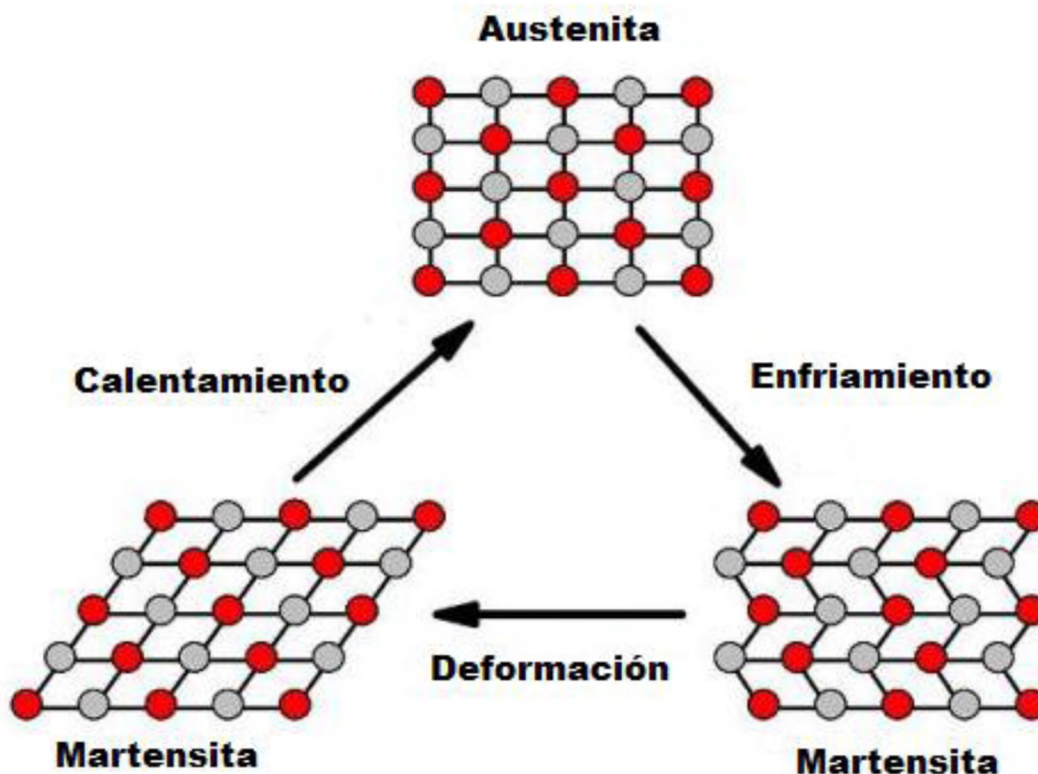


Figura 8. Fases cristalinas de la aleación Níquel-Titanio.

<http://static.batanga.com/sites/default/files/styles/full/public/curiosidades.batanga.com/files/Metales-con-memoria-nitinol-001.jpg?itok=CwWS21wq>

El fenómeno de la memoria de forma de doble vía se define como un cambio espontáneo de forma de un componente tanto al calentar como al enfriar. El material recuerda tanto la forma de alta temperatura como la de baja, así como las formas intermedias entre estos extremos, todo como consecuencia de una transformación de

fase termoplástica sin difusión atómica, es decir, un desplazamiento de átomos en forma organizada, de modo que la estructura cristalina se modifica. (14, 15)

El efecto de memoria de forma de doble vía no es un fenómeno intrínseco de estos materiales. Al contrario que el fenómeno de memoria de forma de un solo sentido, el material debe ser sometido a tratamientos termomecánicos llamados "entrenamientos". Existen cinco métodos de entrenamiento para desarrollar el efecto de memoria de forma de doble camino: el método de sobre deformación martensítica, la aplicación del ciclo de memoria de forma, el entrenamiento por ciclo pseudoelástico, la aplicación de ciclo térmico en martensita deformada y forzada, y un último método que actúa como una combinación de los métodos de memoria de forma y pseudoelástico. (14, 15)

Una aleación con memoria de forma muestra superelasticidad cuando es deformada en un rango de temperatura en el cual se forma martensita termoelástica, bajo la aplicación de una determinada tensión. Cuando dejamos de aplicar esta tensión, el material vuelve a su forma original, de esta manera la deformación producida es completamente reversible. Por lo tanto, el fenómeno de superelasticidad se basa en la formación de martensita inducida por tensión. (14, 15)

1.2.2.2 Ventajas de los instrumentos de Níquel-Titanio ⁽⁵⁾

- Las limas de Níquel-Titanio tienen una mayor flexibilidad que las limas convencionales de acero inoxidable.
- Son resistentes al desgaste y tienen mejores propiedades anticorrosivas.
- Han sido introducidos motores rotatorios de alto torque con los cuales se disminuyó la fractura de los instrumentos rotatorios.
- La incorporación de nuevos diseños con electropulido ha reducido la fractura del instrumento y ha aumentado la eficacia del corte.
- Algunos sistemas rotatorios permiten la conversión de manual a rotatoria y viceversa usando adaptadores y mangos de conversión.

- Aceleramiento y simplificación del procedimiento operatorio.
- Predictibilidad y eficacia del tratamiento.

1.2.2.3 Desventajas de los instrumentos de Níquel-Titanio

- Baja resistencia a la fractura. ⁽⁵⁾

La instrumentación rotatoria con instrumentos de Níquel-Titanio se ve notoriamente influida por la anatomía del sistema de conductos radiculares; en un conducto recto, en el que se aplica carga de naturaleza torsional, trabajará mejor un instrumento de mayor dimensión y conicidad por su mayor masa; en un conducto curvo, trabajará mejor un instrumento más sutil, con menos masa y por ende más flexible y resistente a la fatiga cíclica, por lo tanto, el uso de instrumentos con mayor masa y mayor rigidez en curvaturas importantes incrementará la susceptibilidad a una fractura. Cuanto más estrecho o calcificado esté el conducto, mayor es el trabajo mecánico que debe efectuar el instrumento para avanzar hacia el ápice y, en consecuencia, la carga mecánica a la que está expuesto. Mientras mayor es el radio de curvatura, menor es el estrés y mientras menor sea el ángulo mayor será la tensión. ⁽¹⁶⁾

La fractura torsional se presenta como resultado del atrapamiento de la punta o alguna parte del instrumento en zonas estrechas del conducto, mientras su eje continúa en rotación. En esta situación se sobrepasa el límite de elasticidad del metal, llevando el mismo a una deformación plástica como también a la fractura. Este tipo de fractura siempre se acompaña por la creación de defectos en la superficie externa del instrumento. ^(17, 18)

La fatiga cíclica se refiere a los cambios dimensionales que el instrumento sufre cada vez que es utilizado debido al movimiento de flexión y deflexión, o al número de rotaciones al cual ha sido expuesto dentro del sistema de conductos radiculares. La rotación continua de instrumentos en conductos radiculares curvos requiere que el instrumento se flexione durante cada rotación, lo que resulta en la compresión cíclica y la tensión, que a su vez produce fatiga del material. ⁽¹⁷⁾

1.2.2.4 Recomendaciones de los instrumentos de Níquel-Titanio ⁽⁵⁾

- Medir cada lima antes de su inserción en el conducto.
- Inspeccionar cada instrumento antes de su inserción en el conducto, preferiblemente bajo amplificación.
- No aplicar fuerza excesiva a la lima.
- En los dientes con múltiples conductos, se recomienda iniciar la conformación en los conductos relativamente rectos seguidos por los conductos curvos. No se debe abusar del uso de las limas especialmente en los conductos curvos.
- Los conductos en bayoneta o en forma de S se deben instrumentar después del ensanchamiento coronal.
- Se deben evitar los cambios repentinos en la dirección del instrumento.
- La preparación apropiada del acceso es muy importante para evitar errores en el procedimiento.
- El excesivo avance o empuje del instrumento puede producir un estrés en el metal.
- Respetar las indicaciones de cada fabricante con respecto a la velocidad y torque de cada instrumento.

1.2.2.5 Diseño de los instrumentos de Níquel-Titanio

Ángulo helicoidal: Ángulo formado por la superficie de corte del instrumento y la pared de dentina observado en una sección longitudinal. Es muy importante para la eficacia de corte. Si el ángulo helicoidal es uniforme, la eficacia del corte es menor. Los instrumentos que tienen ángulos helicoidales variables poseen una mejor eficacia de corte. ⁽⁵⁾

Ángulo de incidencia (o de corte): Es el ángulo formado por la arista anterior y el eje largo de la lima. Si el ángulo formado por la arista anterior y la superficie a ser cortada (su tangente) es obtuso, se dice que el ángulo de corte es positivo o cortante. Si el

ángulo formado por la arista anterior y la superficie a ser cortada es agudo, se dice que el ángulo de incidencia es negativo o de raspado. ⁽⁵⁾

Diseño de la punta: El diseño de la punta puede ser cortante o no cortante (Roane). Los instrumentos con diseño específico de la punta se seleccionan dependiendo de la morfología del sistema de conductos radiculares, pero generalmente se opta por una punta inactiva en la mayoría de casos para evitar la transportación de conductos. ⁽⁵⁾

Conicidad del instrumento: Las limas manuales de acero inoxidable tienen una conicidad de 0.02 mm/mm⁴, mientras que los instrumentos rotatorios de Níquel-Titanio tienen una conicidad que oscila entre 0.02 hasta 0.12 mm/mm⁴. Presentan una conicidad diferente a lo largo de su parte activa, a diferencia de las manuales que presentan una conicidad constante, esto ayuda al instrumento rotatorio a que sólo una porción de la parte activa esté en contacto con la pared dentinaria, lo que produce un desgaste más efectivo del conducto con un menor riesgo de fractura del instrumento. La conicidad representa la medida de aumento de diámetro de la parte activa de la lima. ⁽¹⁹⁾

Sección transversal: Es la forma que presenta la lima cuando se le realiza un corte transversal, analizando las limas clásicas podemos decir que estas tienen diversas secciones transversales, entre las más comunes está la sección transversal triangular, romboidal y cuadrangular; las limas de Níquel-Titanio presentan secciones transversales simétricas o asimétricas. ⁽⁵⁾

Plano estabilizador radial: El plano estabilizador radial acentúa la capacidad de centrado del instrumento en el conducto. Junto con la punta no cortante reducen las probabilidades de transporte del conducto. ⁽⁵⁾

Paso de rosca: Es la distancia entre un punto de la arista anterior y el punto correspondiente en las aristas anteriores adyacentes, o puede ser la distancia entre los puntos dentro de los cuales el patrón no está repetido. Cuanto más pequeño sea el paso de rosca o cuanto más corta sea la distancia entre los puntos correspondientes,

la lima tendrá más espirales y el ángulo helicoidal será mayor. La mayoría de las limas tienen un paso de rosca variable. ⁽⁵⁾

Núcleo de la lima: Es la parte central cilíndrica de la lima cuya circunferencia está contorneada y limitada por la profundidad de las estrías. La flexibilidad y la resistencia a la torsión están determinadas parcialmente por el diámetro del núcleo. El núcleo de la lima está directamente relacionado con la forma geométrica de las limas en su corte transversal. ⁽⁵⁾

1.2.2.6 Fabricación de los instrumentos rotatorios de Níquel-Titanio

Hay una importante evolución en este ámbito; existen limas fabricadas con los métodos más convencionales como el fresado o afilado, hasta aquellas fabricadas con tratamientos térmicos combinados. ⁽²⁰⁾

Las limas fabricadas por fresado se forjan en una prensa de forma cilíndrica antes de la estampación rotatoria a presión. El cable se enrolla a continuación para producir una forma cónica con una presión uniforme a partir de una serie de rodillos aplicada al alambre. Durante la fase de construcción, otros procesos se llevan a cabo en la varilla enrollada de alambre, incluyendo el trefilado del alambre sobre un cono, el recocido del alambre en su estado enrollado, descalcificación y trefilado fino del alambre seguido por repetidos calentamientos con el cable en una configuración recta. Se han observado hendiduras en su superficie así como rugosidades antes y después de varios ciclos de autoclave; estos defectos de superficie tienden a ser zonas de inicio de microfracturas, los cuales pueden propagarse durante los ciclos de tensión-compresión dando lugar a la fractura del instrumento. ^(20, 21)

Para eliminar irregularidades y reducir defectos se diseñó el electropulido; éste método es aplicado con la finalidad de eliminar la capa externa del metal, dejando la superficie libre de contaminantes, microfracturas y estrés residual inducido durante el proceso. ⁽²⁰⁾

Consiste en introducir el metal en una solución altamente iónica en la que se pasa una corriente eléctrica para llevar a cabo una remoción electroquímica controlada. ⁽²⁰⁾

Estudios recientes han encontrado que el electropulido mejora la resistencia a la fatiga cíclica y las cargas de torsión, lo que incrementa la resistencia a la fractura. ⁽²⁰⁾

Otro método de fabricación es el acordonamiento, trenzado o torsión en combinación con el tratamiento térmico de Fase R. Este método se creó para mejorar la resistencia a la fatiga cíclica y la flexibilidad de las limas, eliminando la formación de microfracturas, haciendo las limas aún más duraderas. ^(13, 21)

Durante este método la lima se crea tomando un alambre de Níquel-Titanio en bruto en la estructura ausentita cristalina y transformarlo en una estructura cristalina diferente (Fase R) por medio de un proceso de calentamiento y enfriado. En la Fase R, el Níquel-Titanio puede torcerse. Una vez torcido, la lima se calienta y enfría de nuevo para conservar su nueva forma y convertirla de nuevo a la estructura ausentita cristalina, la cual es superelástica. Finalmente, la lima recibe un tratamiento químico superficial final de desoxidación que conserva la dureza de la superficie del metal sin reducir el filo de las ranuras de corte o la dureza del metal. ^(13, 21)

1.2.2.7 Sistema Rotatorio TF Twisted Files SybronEndo

TF Twisted Files es un sistema rotatorio producido con el tratamiento térmico de Fase R, obteniendo como resultado limas Níquel-Titanio un 70% más flexibles y 2-3 veces más resistentes a la fatiga cíclica que otras limas rotatorias (Fig. 9). Esta tecnología también permite mantener la anatomía natural del sistema de conductos radiculares. ⁽²²⁾

La lima TF es triangular en su sección transversal, tiene un tamaño 25 en la punta y 5 conicidades: 0.12, 0.10, 0.08, 0.06 y 0.04. Se encuentra en paquetes individuales con estas conicidades y también en paquetes configurados por tamaños 0.10, 0.08 y 0.06 como el paquete “grande” y 0.08, 0.06 y 0.04 como el paquete “pequeño”. Están disponibles en longitudes de 23 y 27 mm. ⁽²²⁾

Emplean un ángulo helicoidal y paso de rosca variable que evita el efecto de succión y atascamiento cuando la lima está modelando el conducto radicular. El diseño de su punta es segura mediante una punta no cortante. Poseen un ángulo de incidencia

positivo. Las espiras de corte TF son creadas mediante la torsión de la lima y no por afilado, eliminando microfracturas para una mayor resistencia. ⁽²²⁾

Instrucciones de uso ⁽²²⁾

- Revoluciones por minuto: SybronEndo recomienda que las limas TF, sean utilizadas a 500 rpm, con la práctica, algunos clínicos pueden elegir una rotación a mayor velocidad.
- Torque: SybronEndo recomienda que las limas TF, sean utilizadas a 400 gr/cm.
- Técnica de instrumentación: La técnica TF incluye sólo 3 limas por caja, adaptadas para el tipo de diente que se está tratando (dientes anteriores, premolares y molares).



Figura 9. Sistema Rotatorio Twisted Files (TF) SybronEndo.

<http://www.sybronendo.com.mx/wp-content/uploads/2012/10/banner.jpg>

1.2.2.8 Esterilización de los instrumentos endodónticos

La esterilización es el uso de diversos procedimientos físicos o químicos que permiten la total eliminación de las formas de vida ubicados sobre objetos inanimados. Destruye todos los microorganismos, incluyendo un número considerable de esporas, obteniéndose como consecuencia la protección antibacteriana de todos los instrumentos y materiales que penetran en los tejidos de los pacientes y que habitualmente se contaminan con saliva y/o sangre. ⁽²⁴⁾

El autoclave ofrece una absoluta seguridad respecto a la esterilización del instrumental odontológico (Fig. 10). Los instrumentos deberán someterse a vapor saturado de agua

a 121 grados centígrados a 15 libras de presión durante 10 minutos. Cuando se logran temperaturas de 134 grados centígrados a 30 libras de presión, se esteriliza el material en 5 minutos. Se aconseja que el instrumental se seque adecuadamente después de terminar su proceso dentro del autoclave. ⁽²⁴⁾

En la literatura se encuentran diversos parámetros en relación a la temperatura-tiempo-presión, lo más recomendable es seguir al pie de la letra lo indicado por el fabricante. ⁽²⁴⁾

Al finalizar cada tratamiento endodóntico, el instrumental contaminado debe someterse a un protocolo de esterilización que garantice la eliminación de agentes patógenos. El sistema de esterilización universal consta de cuatro fases: limpieza, desinfección, esterilización y almacenamiento. Todas aquellas limas cuya integridad estructural esté comprometida, deben ser desechadas. El número de usos de cada lima debe ser contabilizado para evitar accidentes en los futuros tratamientos. ⁽²⁵⁾

Existen diferentes estudios que evalúan el efecto del autoclave sobre las características físicas de las limas. Algunas conclusiones mencionan que la esterilización repetida de las limas de Níquel-Titanio provocan grietas microscópicas, el vapor de agua a presión actúa sobre la capa superficial de titanio dando como resultado cambios metalográficos que merman su capacidad de corte y su resistencia a la fractura. ⁽²⁵⁾



Figura 10. Autoclave.

http://admasmedical.es/5216-thickbox_default/autoclave-melag-euroklav-29vs-clase-s-18-l-con-3-bandejas.jpg

2. Planteamiento del Problema

Las aleaciones con memoria de forma, dentro de las que se encuentran las limas rotatorias TF Twisted Files son aleaciones metálicas que, después de una deformación aparentemente plástica, vuelven a su forma original tras un calentamiento. Este inusual efecto es llamado memoria de forma térmica. Se debe a un cambio de fase llamada transformación martensítica termoplástica. Dado que las aleaciones con memoria de forma responden de una forma peculiar a los cambios de temperatura y tensión, han sido calificadas como materiales inteligentes.

A pesar de ser materiales inteligentes tienden a la fractura de forma inesperada. Los avances más recientes se han centrado en mejorar las propiedades mecánicas de las limas desde el proceso de fabricación para conseguir limas más flexibles y resistentes a la fatiga cíclica.

Las limas rotatorias TF Twisted Files han sido fabricadas usando un proceso único que controla la memoria de forma, haciéndolas extremadamente flexibles. Además, según el fabricante, estas limas pueden ser reutilizadas con la misma resistencia a la fatiga cíclica. (13, 14, 15, 22, 23)

Por lo que surge la siguiente pregunta de investigación:

¿La esterilización con autoclave afecta la resistencia a la fatiga cíclica de instrumentos rotatorios de Níquel-Titanio como TF Twisted Files?

3. Justificación

Los instrumentos rotatorios fabricados con Níquel-Titanio fueron diseñados e introducidos al campo endodóntico hace dos décadas aproximadamente. El comportamiento superelástico de la aleación confiere una gran flexibilidad facilitando la conformación de conductos curvos y estrechos; también permite a los instrumentos seguir efectivamente la trayectoria original del conducto radicular evitando deformaciones. (1, 5)

Los fabricantes recomiendan esterilizar los instrumentos rotatorios antes de cada uso. El calor juega un papel importante en el proceso de manufactura de los instrumentos rotatorios fabricados en Níquel-Titanio. (22) Existe un gran interés en el estudio del efecto que produce el calor del autoclave durante la esterilización a los instrumentos rotatorios fabricados en Níquel-Titanio.

La comparación de la resistencia a la fatiga cíclica entre instrumentos nuevos y usados ha sido ampliamente estudiada con otras limas rotatorias de Níquel-Titanio obteniéndose resultados muy variados, sin embargo, hasta el momento existe poca literatura que compare la resistencia a la fatiga cíclica de limas TF Twisted Files nuevas y esterilizadas en autoclave después de 1, 3 y 6 ciclos, lo que justifica este estudio.

A través de los hallazgos de este estudio el operador podrá conocer las ventajas y desventajas del uso del sistema TF Twisted Files bajo los efectos de la esterilización después de diversos ciclos alcanzando mejores resultados en los diversos tratamientos que realice en sus pacientes, con lo que se puede hacer un uso adecuado de los instrumentos y prevenir accidentes por fatiga cíclica.

4. Hipótesis

Hipótesis de investigación:

La resistencia a la fatiga cíclica será mayor en limas nuevas tipo Níquel-Titanio TF Twisted Files en comparación con las limas que se sometieron a esterilización con autoclave a uno, tres y seis ciclos.

Hipótesis nula:

La resistencia a la fatiga cíclica será menor en limas nuevas tipo Níquel-Titanio TF Twisted Files en comparación con las limas que se sometieron a esterilización con autoclave a uno, tres y seis ciclos.

Hipótesis alterna:

No existen diferencias significativas en la resistencia a la fatiga cíclica en el sistema rotatorio TF Twisted Files nuevas y al esterilizarse con autoclave a uno, tres y seis ciclos.

5. Objetivos

Objetivo General:

1. Evaluar la fatiga cíclica en la estructura de las limas rotatorias TF Twisted Files luego de la esterilización con autoclave a uno, tres y seis ciclos.

Objetivos específicos:

1. Comparar los resultados derivados de la fatiga cíclica en 4 grupos de estudio: GI: nuevas, GII: un ciclo, GIII: tres ciclos y GIV: seis ciclos de esterilización en autoclave.
2. Identificar el grupo de mayor y menor resistencia a la fatiga cíclica.
3. Observar las limas en Microscopio Electrónico de Barrido.
4. Medir y describir la distancia del punto de fractura del instrumento rotatorio.
5. Evaluar la resistencia a fatiga cíclica y su relación con el uso de autoclave.

6. Diseño Metodológico

Estudio experimental, transversal, comparativo y prospectivo con muestras por cuota y conveniencia.

6.1 Materiales y métodos



Figura 11. Caja de instrumentos rotatorios con tres limas nuevas 30/0.06 de 23 mm TF Twisted Files.

Para este estudio de investigación fueron necesarias seis cajas de instrumentos rotatorios TF Twisted Files. Cada caja contiene 3 limas, por lo que, fueron seleccionados un total de dieciocho instrumentos rotatorios nuevos 30/0.06 de 23 mm TF Twisted Files (Fig. 11).

A su vez, un dispositivo estático fue fabricado específicamente para la pieza de mano Elements Motor de SybronEndo y la lima 30/0.06 de 23 mm de TF Twisted Files. El dispositivo consiste en un marco de acero inoxidable que contiene un conducto radicular artificial y un soporte de aluminio que ajusta la pieza de mano Elements Motor para que quede estática (Fig. 12). El conducto radicular artificial consiste en 2 piezas de acero inoxidable las cuales se ajustan con la ayuda de una llave Allen a un ángulo de curvatura de 45° de radio y a una distancia entre una pared del conducto y otra de 2 mm en el tercio cervical, a 1.5 mm en el tercio medio y a 1 mm en tercio apical.

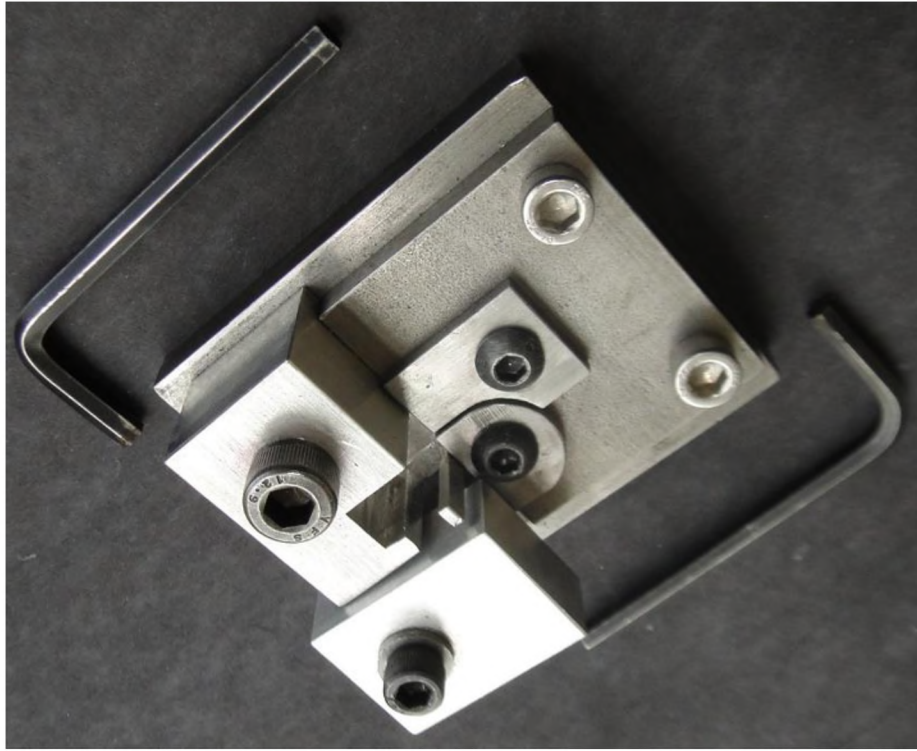


Figura 12. Dispositivo estático fabricado para el estudio.

Los instrumentos involucrados en esta experiencia se dividieron en los siguientes grupos:

Grupo I: Tres limas nuevas 30/0.06 de 23 mm del sistema rotatorio TF Twisted Files - Grupo Control.

Grupo II: Cinco limas nuevas 30/0.06 de 23 mm TF Twisted Files después de un ciclo en autoclave.

Grupo III: Cinco limas nuevas 30/0.06 de 23 mm TF Twisted Files después de tres ciclos en autoclave.

Grupo IV: Cinco limas nuevas 30/0.06 de 23 mm TF Twisted Files después de seis ciclos en autoclave.

18 instrumentos TF Twisted Files sin ser usados se inspeccionaron para descartar cualquier signo de deformación; posteriormente, se sometieron a uno, tres y seis ciclos

convencionales de esterilización durante 20 minutos a 132° C en un autoclave Tuttnauer 2340m. Tuttnauer USA Co., Ltd. (Fig. 13). Para finalizar , los instrumentos fueron agrupados como instrumentos sin esterilización (control) y con esterilización.



Figura 13. Autoclave Tuttnauer 2340m. Tuttnauer USA Co., Ltd.

Con ayuda de un microscopio electrónico de barrido (JEOL, JSM-6510LV, Tokio, Japón) se obtuvieron imágenes posteriores a los ciclos correspondientes en el autoclave. Se realizó un estudio observacional, comparativo entre el grupo sin esterilización (control) y el grupo con esterilización.

Se tomaron fotografías con la ayuda de una cámara profesional Sony DSC-HX1 (Minato, Tokio, Japón) para complementar el estudio observacional, comparativo entre una lima y otra.

Posterior a este procedimiento, cada lima se sometió a una prueba para resistencia a la fatiga cíclica (Fig. 14 y 15). Cada lima se colocó en el contrángulo de la pieza de mano Elements Motor, a continuación, la pieza de mano se colocó en el dispositivo estático diseñado para este estudio. Cada lima fue sometida a una rotación continua siguiendo las indicaciones del fabricante, las cuales son: 500 revoluciones por minuto y 400 gr-cm de torque, en un motor Elements Motor de SybronEndo (Fig. 16).

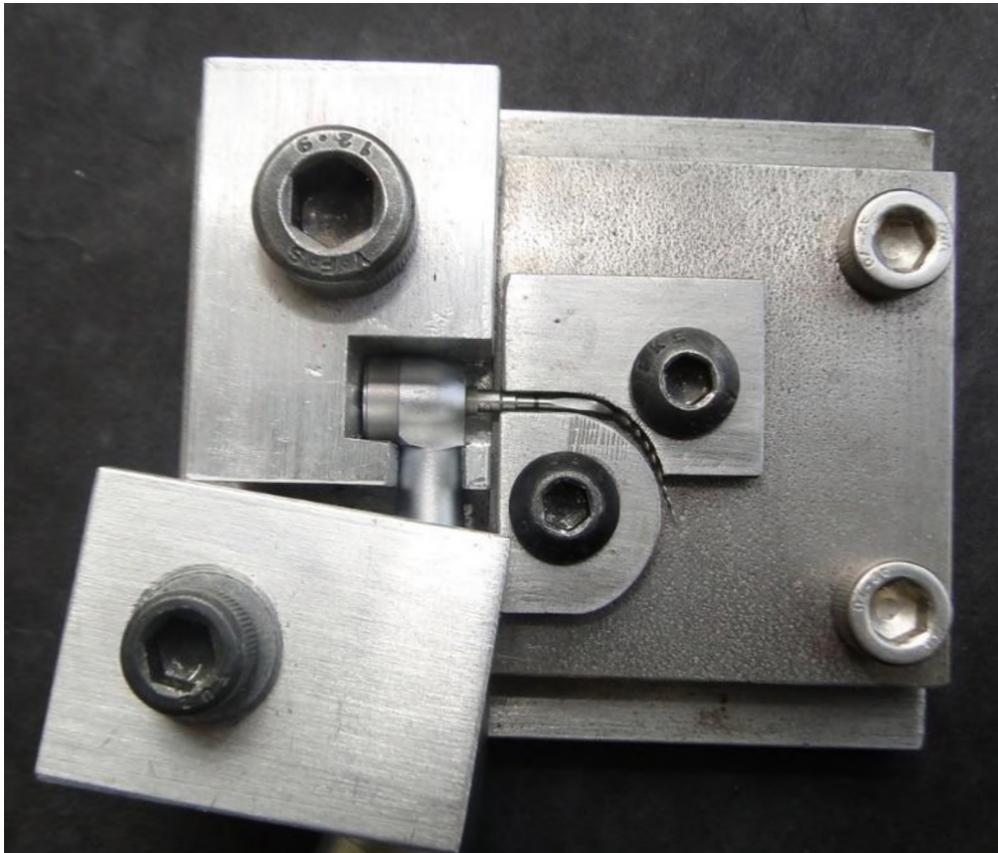
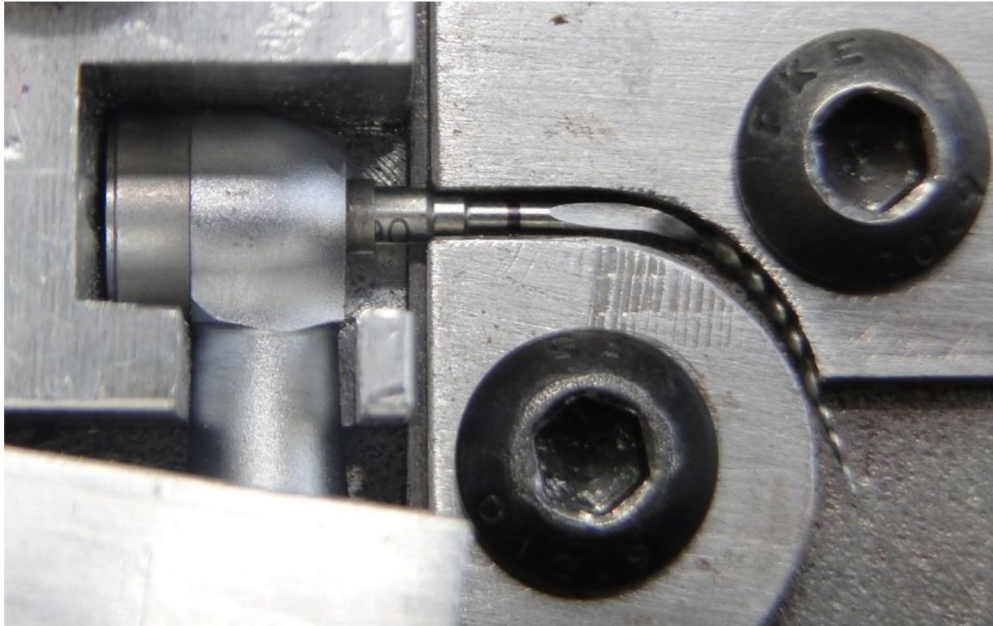


Figura 14 y 15. Prueba para resistencia a la fatiga cíclica.



Figura 16. Elements Motor de SybronEndo.

Para la lubricación se utilizó un aceite sintético (Aceite Multiuso Singer); diseñado para todo tipo de maquinarias y aparatos, es fundamental para reducir la fricción de la lima cuando contacta con las paredes del dispositivo (Fig. 17).



Figura 17. Aceite Multiuso Singer.

[http://sodimac.scene7.com/is/image/SodimacPeru/222399?\\$producto495&iv=c1Aqn3&wid=1349&hei=1349&fit=fit,1](http://sodimac.scene7.com/is/image/SodimacPeru/222399?$producto495&iv=c1Aqn3&wid=1349&hei=1349&fit=fit,1)

Se utilizó un cronómetro para determinar el tiempo exacto de la fractura de cada instrumento. Todas las limas fueron manipuladas por el mismo operador, simultáneamente otro operador utilizó un cronómetro para medir el tiempo que tarda cada instrumento en fracturarse. Se comparó el tiempo de fractura entre una lima y otra y multiplicando las revoluciones de cada instrumento por el tiempo de fractura se obtuvo el número de rotaciones de cada lima hasta su fractura.

La longitud del fragmento fracturado de cada lima se midió utilizando un vernier para determinar el punto de fractura de cada lima.

7. Resultados

7.1 Grupo I. Tres limas nuevas del sistema rotatorio TF Twisted Files bajo microscopía electrónica de barrido

Grupo Control (I)

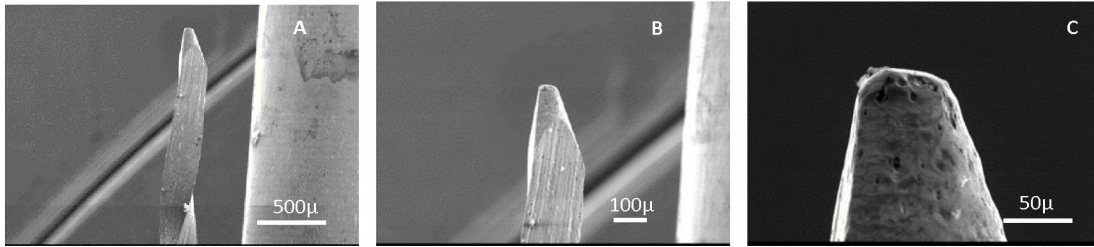


Figura 18. Micrografías representativas del G I. Lima 1 a 50x (A), 100x (B) y 500x (C).

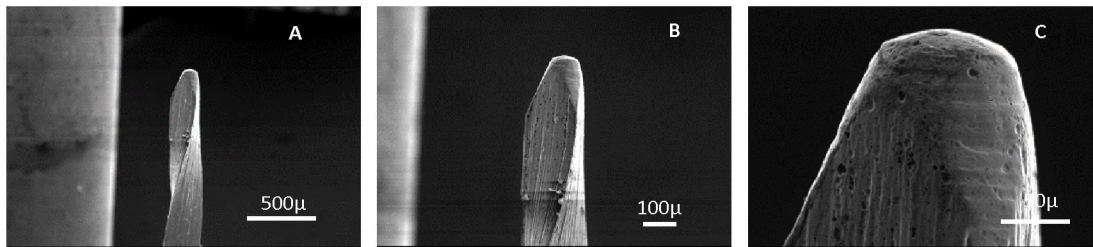


Figura 19. Micrografías representativas del G I. Lima 2 a 50x (A), 100x (B) y 500x (C).

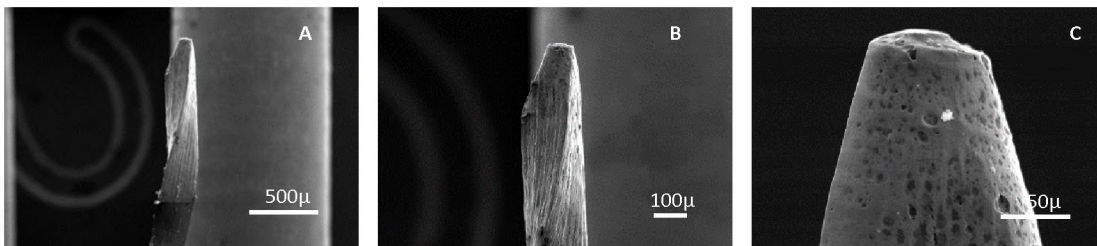


Figura 20. Micrografías representativas del G I. Lima 3 a 50x (A), 100x (B) y 500x (C).

7.2 Grupo II. Cinco limas nuevas TF Twisted Files después de un ciclo en autoclave

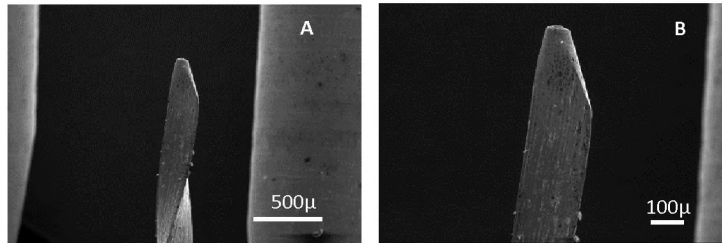


Figura 21. Micrografías representativas del G II. Lima 1 a 50x (A) y 100x (B).

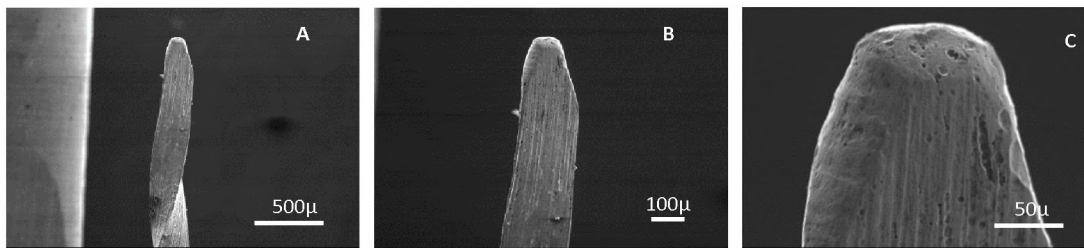


Figura 22. Micrografías representativas del G II. Lima 2 a 50x (A), 100x (B) y 500x (C).

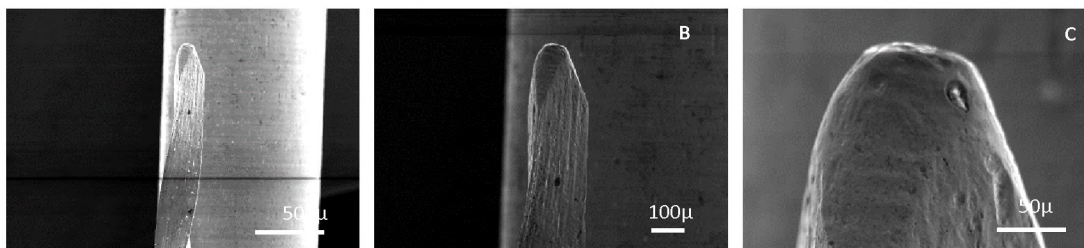


Figura 23. Micrografías representativas del G II. Lima 3 a 50x (A), 100x (B) y 500x (C).

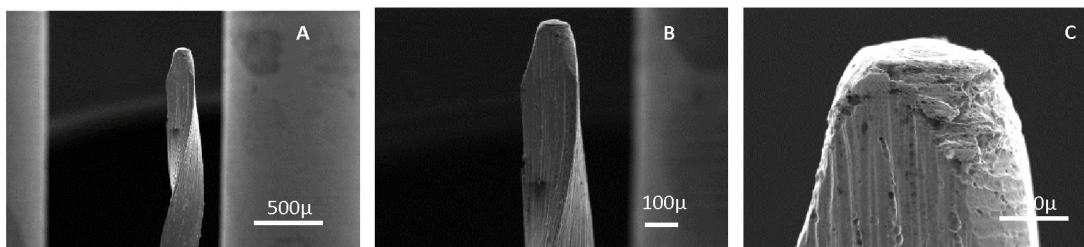


Figura 24. Micrografías representativas del G II. Lima 4 a 50x (A), 100x (B) y 500x (C).

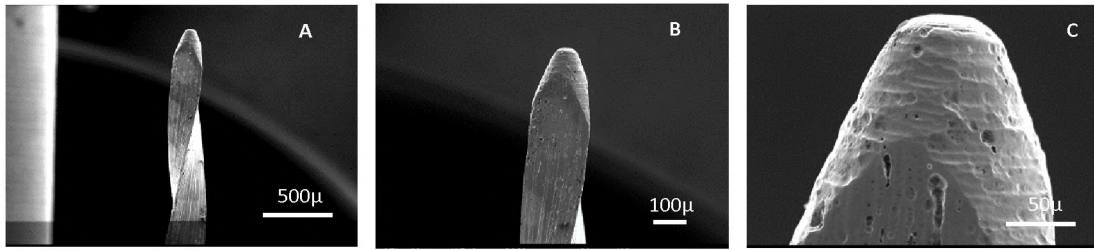


Figura 25. Micrografías representativas del G II. Lima 5 a 50x (A), 100x (B) y 500x (C).

7.3 Grupo III. Cinco limas nuevas TF Twisted Files después de tres ciclos en autoclave

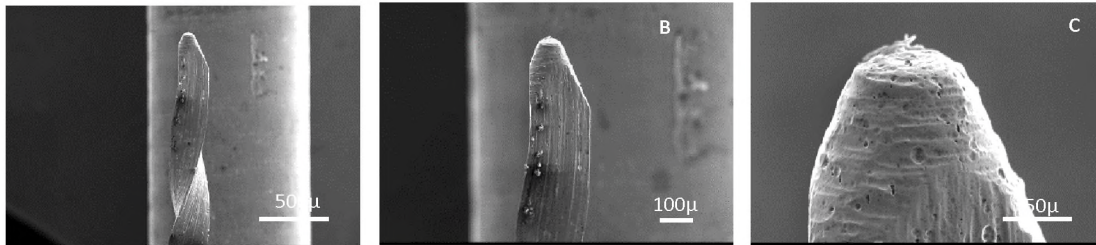


Figura 26. Micrografías representativas del G III. Lima 1 a 50x (A), 100x (B) y 500x (C).

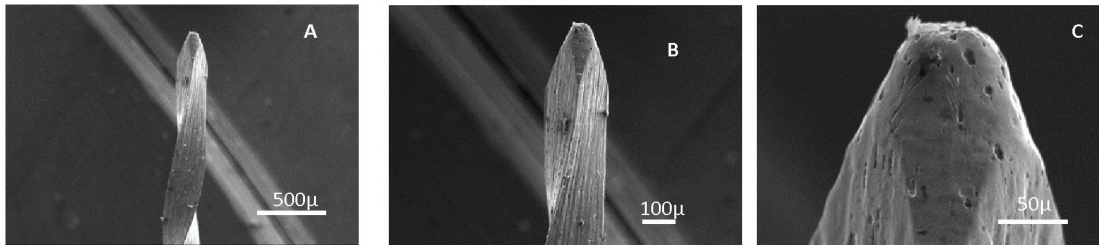


Figura 27. Micrografías representativas del G III. Lima 2 a 50x (A), 100x (B) y 500x (C).

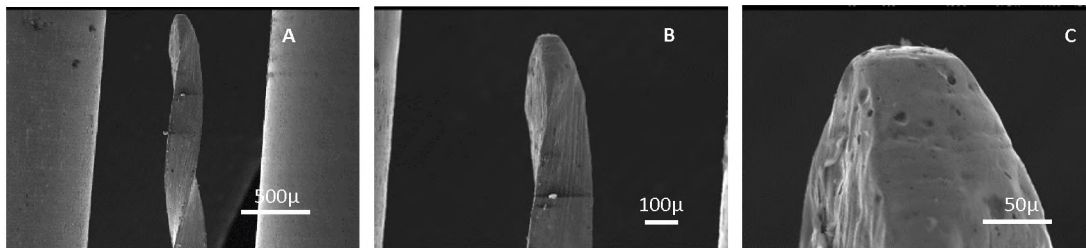


Figura 28. Micrografías representativas del G III. Lima 3 a 50x (A), 100x (B) y 500x (C).

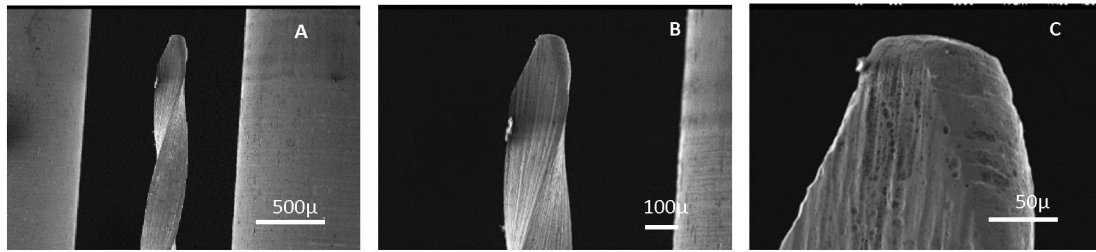


Figura 29. Micrografías representativas del G III. Lima 4 a 50x (A), 100x (B) y 500x (C).

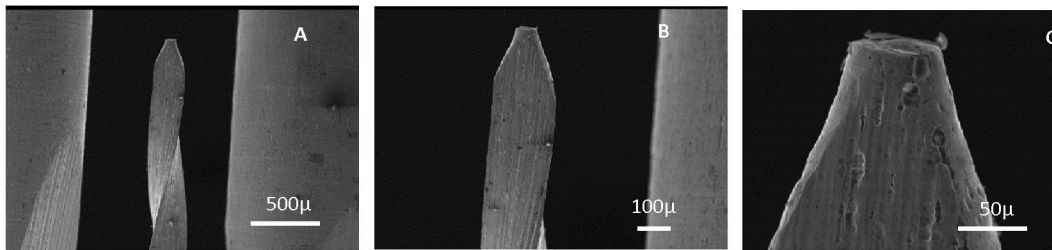


Figura 30. Micrografías representativas del G III. Lima 5 a 50x (A), 100x (B) y 500x (C).

7.4 Grupo IV. Cinco limas nuevas TF Twisted Files después de seis ciclos en autoclave

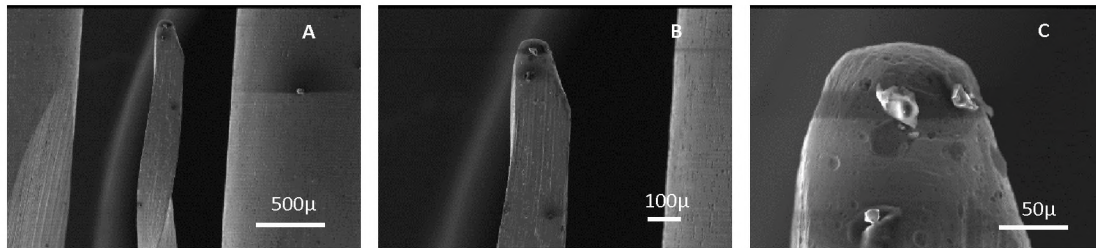


Figura 31. Micrografías representativas del G IV. Lima 1 a 50x (A), 100x (B) y 500x (C).

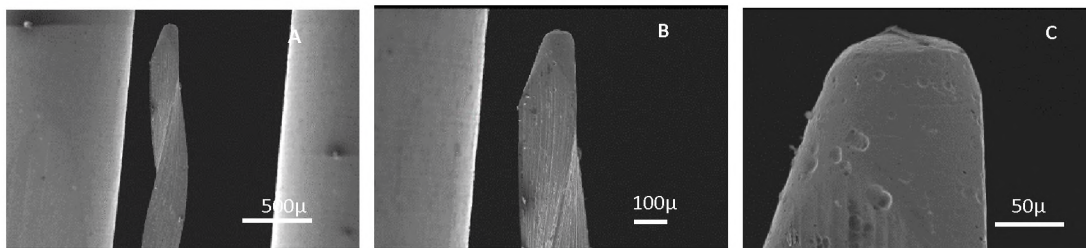


Figura 32. Micrografías representativas del G IV. Lima 2 a 50x (A), 100x (B) y 500x (C).

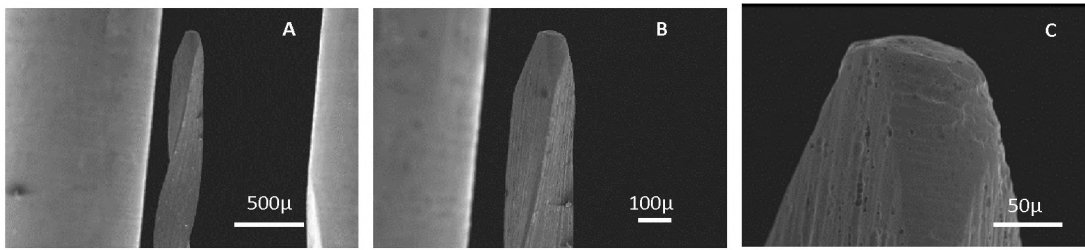


Figura 33. Micrografías representativas del G IV. Lima 3 a 50x (A), 100x (B) y 500x (C).

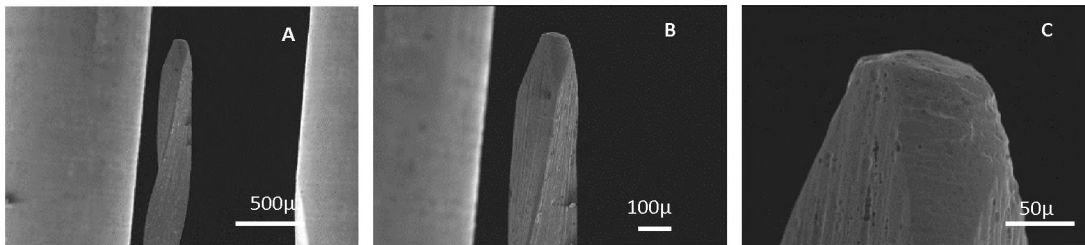


Figura 34. Micrografías representativas del G IV. Lima 4 a 50x (A), 100x (B) y 500x (C).

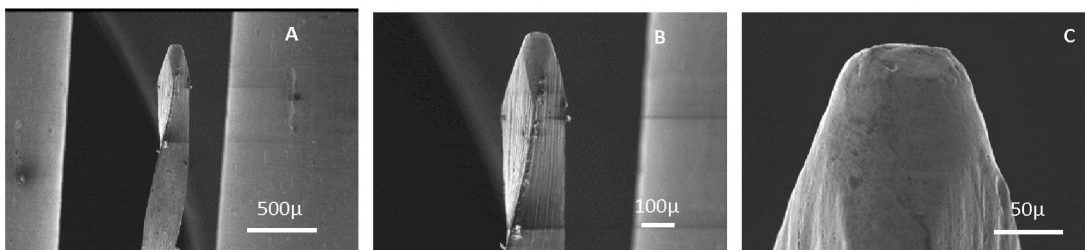


Figura 35. Micrografías representativas del G IV. Lima 5 a 50x (A), 100x (B) y 500x (C).

15 instrumentos fueron esterilizados por 20 minutos a 132° C en autoclave a diversos ciclos (uno, tres y seis) con la ayuda de un autoclave Tuttnauer 2340m. Tuttnauer USA Co., Ltd.

Se analizó la resistencia a la fatiga cíclica del sistema rotatorio TF Twisted Files después de varios ciclos de esterilización con autoclave con la ayuda del dispositivo estático fabricado para el estudio,

Todos los instrumentos fueron sometidos a una rotación continua de 500 revoluciones por minuto y 400 gr-cm de torque, en un motor Elements Motor de SybronEndo hasta su fractura (Fig. 71).

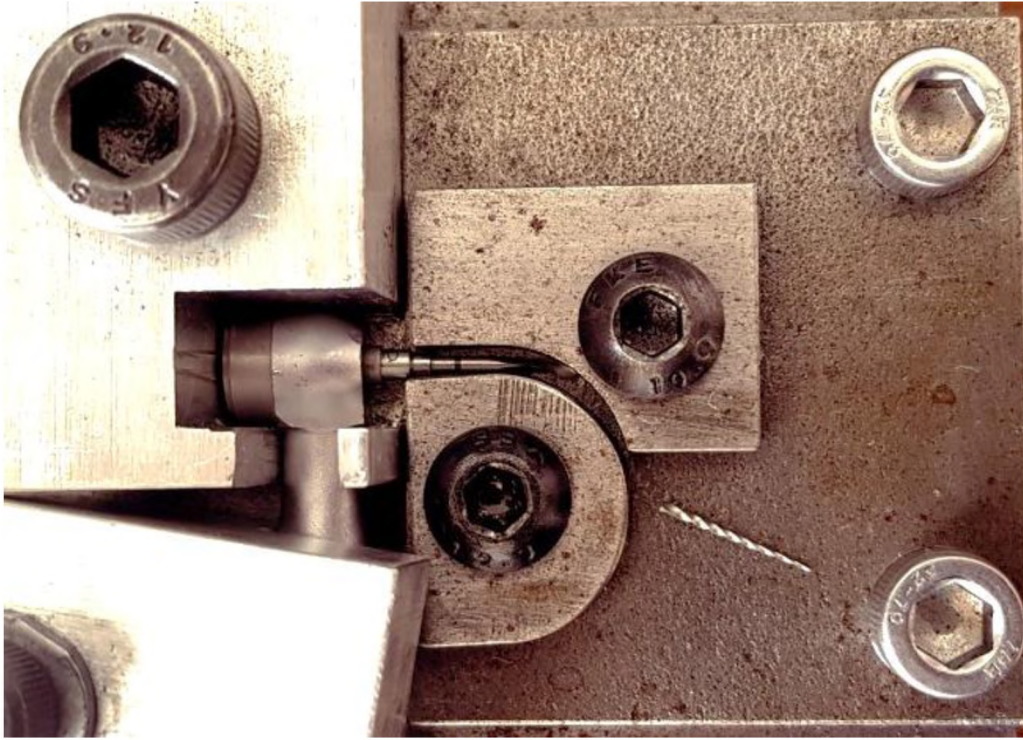


Figura 36. Fractura del instrumento rotatorio.

7.5 Tabla 1. Grupos experimentales del Sistema Rotatorio TF Twisted Files

Sistema Rotatorio	Grupos	Número de limas	Ciclos en el autoclave	Tiempo de fractura (seg.)	Distancia de la fractura (mm.)	Número de rotaciones antes de la fractura
TF Twisted Files 30/0.06 de 23 mm	I	3 limas	Ninguno	21 seg.	12mm.	175
				26 seg.	14mm.	216.6
				13 seg.	14 mm.	108.3
	II	5 limas	Uno	17 seg.	14 mm.	141.6
				14 seg.	11 mm.	116.6
				16 seg.	12 mm.	133.6
				11 seg.	13 mm.	91.6
				28 seg.	11.5 mm.	233.3
	III	5 limas	Tres	28 seg.	10.5 mm.	233.3
				23 seg.	14 mm.	191.6
				19 seg.	10.5 mm.	158.3
				17 seg.	14 mm.	141.6
				37 seg.	11 mm.	308.3
	IV	5 limas	Seis	45 seg.	11 mm.	375
				44 seg.	11 mm.	366.6
				15 seg.	14 mm.	125
				15 seg.	13.5 mm.	125
				17 seg.	14 mm.	141.6

8. Discusión

Los recientes avances en Endodoncia, han simplificado el proceso del tratamiento, mejorando el éxito a largo plazo en términos de tiempo, efectividad y reducción de riesgos en los tratamientos. ⁽²⁶⁾ Sin embargo, resulta difícil seleccionar el sistema rotatorio de Níquel-Titanio más apropiado, debido a la numerosa cantidad de instrumentos existentes en el mercado. ⁽²⁷⁾

Las aleaciones de Níquel-Titanio ofrecen cualidades como superelasticidad ⁽²⁸⁾ y resistencia a la fatiga cíclica ⁽²⁹⁾ entre otras, sin embargo, a pesar de la gran cantidad de estudios realizados y comparativos entre un sistema rotatorio y otro no existe un sistema rotatorio ideal. ^(11, 30)

Un gran número de fabricantes recomiendan el uso único de sus instrumentos para después desecharlos con la finalidad de evitar fatiga cíclica y evitar el alojamiento de microorganismos y residuos de la preparación en las irregularidades de los instrumentos. ⁽³¹⁾ Sin embargo, resultados de diversos estudios respaldan la reutilización de las limas como una práctica segura para el paciente si se realiza un protocolo adecuado. ⁽³²⁾

La resistencia a la fatiga cíclica de diversos sistemas rotatorios ha sido ampliamente estudiada con diversos dispositivos estáticos y dinámicos, Plotino y cols., recomiendan que los estudios realizados en dispositivos que contienen un conducto radicular artificial sean específicamente diseñados para cada sistema rotatorio a evaluar en tamaño y conicidad con la finalidad de obtener resultados más precisos y evitar variaciones en los resultados. ^(33, 34, 35) Sin embargo, en estudios de ciencia básica está justificado el diseño de condiciones que emulen los fenómenos que ocurren en el ámbito clínico, por lo que en este estudio se diseñó un dispositivo con un conducto artificial diseñado para el Motor Elementos Motor y el sistema rotatorio TF Twisted Files inspirado en el artículo de Plotino y cols. ⁽³⁶⁾

Existen gran cantidad de estudios centrados en los efectos que tienen los ciclos de esterilización en la resistencia a la fatiga cíclica de cada instrumento. ⁽³⁷⁾ No obstante,

la literatura es escasa en relación a la evaluación de la lima 30/0.06 de 23 mm del sistema rotatorio TF Twisted Files. Por lo anterior la finalidad de este estudio fue analizar los efectos de la esterilización en la fatiga cíclica de la lima 30/0.06 de 23 mm del sistema rotatorio TF Twisted Files.

Existe evidencia de que el sistema TF Twisted Files de SybronEndo, el cual presenta en el diseño de sus instrumentos una conicidad variable progresiva, con una sección transversal triangular y punta no cortante minimiza la fatiga cíclica del instrumento; son 2-3 veces más resistentes a la fatiga cíclica que otras limas rotatorias gracias a su tratamiento térmico de Fase R. ⁽²²⁾

Por otra parte, hay mucha incertidumbre sobre los posibles cambios en la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos rotatorios posterior a la esterilización en autoclave. ⁽³⁸⁾

Autores como Gambarini y cols., mencionan que la esterilización provoca una disminución en la resistencia a la fatiga cíclica de los mismos. ⁽²⁸⁾ A su vez, Hilfer y cols., compararon limas nuevas con limas esterilizadas sin previo uso y concluyeron que la esterilización produce una mínima disminución en la resistencia. ⁽³⁹⁾ Sin embargo, en este estudio también se utilizaron limas nuevas con limas esterilizadas sin previo uso y se observó un ligero aumento en la resistencia a la fatiga cíclica en las limas a seis ciclos de esterilización en autoclave. En el estudio de Hayashi y cols., también se observó un aumento en las propiedades de los instrumentos rotatorios. ⁽⁴⁰⁾

Este estudio mostró que el instrumento con mayor número de rotaciones en el dispositivo se presentó en el G IV (seis ciclos de esterilización) con 375 rotaciones y una duración de 45 segundos antes de la fractura. Melo y cols., consideran que los ciclos consecutivos de esterilización dan lugar a un aumento en la resistencia de los sistemas rotatorios debido al efecto acumulativo de calor. ⁽⁴¹⁾ El instrumento con menor número de rotaciones en el dispositivo se presentó en el G II (un ciclo de esterilización) con 91.6 rotaciones y una duración de 11 segundos antes de la fractura.

Casper y cols., concluyeron que los instrumentos rotatorios TF sometidos a diversos ciclos de esterilización no manifiestan alteraciones significativas en la resistencia a la torsión debido a un proceso patentado llamado Deox, que remueve la capa oxidativa y cualquier impureza de la superficie, sin remover nada del material base. ⁽⁴²⁾

El estudio demuestra que al igual que los autores Viana y cols., ⁽⁴³⁾ Hilt y cols., ⁽⁴⁴⁾ King y cols., ⁽⁴⁵⁾ el número de ciclos de esterilización y el tipo de autoclave utilizado no manifiestan alteraciones significativas en las propiedades del sistema rotatorio.

Debido a la diversidad de resultados en la literatura y los hallazgos de este estudio se necesitan más estudios que evalúen el efecto de los ciclos de autoclave en limas nuevas y con diversos usos a varios ciclos de esterilización para determinar si existen o no alteraciones en las propiedades de cada instrumento.

9. Conclusiones

Aún con la gran cantidad de estudios realizados, es difícil asegurar que un sistema rotatorio está por encima de los demás, cada estudio tiene variaciones y al comparar un estudio con otro los resultados son muy diversos debido a que las condiciones de los estudios nunca son iguales.

Los sistemas rotatorios siempre funcionan de diferente manera de operador a operador. El operador debe elegir el sistema que funcione mejor en sus manos respetando siempre las indicaciones del fabricante.

Cualquier sistema rotatorio tiene un tiempo de vida óptimo el cual es inversamente proporcional a las revoluciones por minuto y al número de tratamientos realizados.

La investigación es imprescindible para lograr determinar las limitaciones del Níquel-Titanio.

En este estudio pude determinar que los ciclos de autoclave no comprometen el comportamiento mecánico de las limas de Níquel-Titanio.

Por lo anterior, las conclusiones de este estudio son:

- El Grupo IV (seis ciclos de esterilización) presentó la mayor resistencia a la fatiga cíclica.
- El Grupo II (un ciclo de esterilización) presentó la menor resistencia a la fatiga cíclica.
- No hubo diferencias significativas entre un grupo y otro respecto al punto de fractura del instrumento.
- No se observaron diferencias significativas en las micrografías de cada uno de los grupos.
- Los ciclos consecutivos de esterilización dan lugar a un ligero aumento en la resistencia a la fatiga cíclica.
- El número de ciclos de esterilización y el tipo de autoclave utilizado no manifiestan alteraciones significativas en las propiedades del sistema rotatorio.

10. Referencias bibliográficas

1. Cohen S, Hargreaves KM. Vías de la Pulpa. 10ª.ed. Madrid: Editorial Elsevier, 2011. pp. 223-348.
2. Cárdenas-Bahena A, Sánchez-García S, Tinajero-Morales C, González-Rodríguez VM, Baires-Vázquez L. Hipoclorito de sodio en irrigación de conductos radiculares: Sondeo de opinión y concentración en productos comerciales. Rev Odont Mex, 2012; 16 (4): pp.252-258.
3. Gutmann JL, Dumsha TC, Lovdahl PE. Solución de problemas en Endodoncia. Prevención, Identificación y Tratamiento. 4ª. ed. Madrid: Editorial Elsevier, 2007. pp. 143-145, 151.
4. Pérez E, Burguera E, Carvallo M. Tríada para la limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares. Acta Odontol. Venez 2003; 41(2). Disponible en:
http://www.actaodontologica.com/ediciones/2003/2/triada_limpieza_conformacion_conductos_radiculares.asp#top.
5. Nageswar R. Endodoncia Avanzada. Caracas: Editorial Amolca, 2011. pp. 141-179.
6. Leonardo M, Leonardo R. Sistemas Rotatorios en Endodoncia, instrumentos de Níquel-Titanio. Sao Paulo: Artes Médicas Latinoamérica, 2002.
7. Estrela C. Ciencia endodóntica. Brasil: Artes Médicas Latinoamericanas, 2005.
8. Ingle J, Bakland L. Endodoncia. México: Mc Graw Hill, 1996.
9. Cohen S, Hargreaves KM. Vías de la Pulpa. 9ª.ed. Madrid: Editorial Elsevier, 2008.
10. Thompson S.A. *et. al.* An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. Int Endod J, 2000 Julio; 33 (4): pp. 297-310.}
11. Ye J, Gao Y. Metallurgical Characterization of M-Wire Nickel-Titanium Shape Memory Alloy Used for Endodontic Rotary Instruments during Low-cycle Fatigue. JOE, 2012 Enero; 38 (1).
12. Yeguez-Rodríguez E. Aleación de Níquel-Titanio y su uso en Endodoncia. Acta Odontol. Venez, 2000; 38(1): pp. 4-7.

13. Bermejo A. Efecto de la Esterilización en la resistencia a la fatiga cíclica de las limas Hyflex CM a nivel apical y coronal. Facultad de Odontología. Universidad Complutense de Madrid. Disponible en : http://eprints.ucm.es/22524/1/Trabajo_Fin_de_M%C3%A1ster._Alba_Bermejo_S%C3%A1nchez.pdf
14. Thompson S. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J*, 2000; 33: pp. 297-310.
15. Otsuka K, Wayman C. *Shape Memory Alloys*. Cambridge University Press, 1998.
16. Gambarini G, Milana V, Pongione G, et. al. Como Mejorar la Instrumentación con Níquel-Titanio en Endodoncia: Consejos Clínicos e Innovación Tecnológica. *Rev Méd Chile*, 2009 Septiembre; 20: pp. 16-21. Disponible en: <http://www.socendochile.cl/revistas/20.pdf#page=18>.
17. Peters OA, Peters CI, Schonenberger K, Barbakow F. ProTaper rotary root canal preparation: assessment of torque and force in relation to canal anatomy. *Int Endod J*.2003; 36: pp. 93-9.
18. Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JE, Messer HH. Defects in rotary nickeltitanium files after clinical use. *J Endod*. 2000; 26(3): pp. 161-65.
19. Salazar L.D, Alcota R.M. Estudio de la transportación del canal radicular a través de tomografía computarizada Cone beam utilizando tres sistemas de instrumentación rotatoria. Universidad de Chile, Facultad de Odontología. Santiago, Chile, 2012.
20. Kim HC, Yum J, Hur B, Cheung G. Cyclic Fatigue and Fracture Characteristics of Ground and Twisted Nickel-Titanium Rotary Files. *JOE*; 2010; 36 (1): pp. 147-152.
21. Thompson SA. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J*. 2000; 33: pp. 297-310.
22. SybronEndo (<http://www.sybronendo.com>)
23. De la Flor, S. Simulación numérica y correlación experimental de las propiedades mecánicas en las aleaciones con memoria de forma. Universidad

- Politécnica de Cataluña, Departamento de Resistencia de Materiales y Estructuras de Ingeniería. 2005.
24. Otero J. Manual de Bioseguridad en Odontología. Perú, Lima, 2002. Disponible en: <http://w.w.w.odontomarketing.com/BIOSEGURIDAD.pdf>
 25. Rivera MI, Tatay V, Hernández E. Ergonomía en Endodoncia. Labor Dental; 2009; 10 (3): pp. 114-125.
 26. Parashos P, Messer H. The diffusion of innovation in dentistry: a review using rotary nickel-titanium technology as an example. Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod. 2006; 101(3):395-401.
 27. Jiménez JL, Del Río TM. Rotary Instrumentation in Endodontics: Clinical Cases Report. Int. J. Odontostomat. 2012; 6(1):89-95. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-381X2012000100013>.
 28. Gambarini G, Gerosa R, De Luca M, Garala M, Tertarelli L. Mechanical properties of a new and improved nickel titanium alloy for endodontic use an evaluation of file flexibility. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2008; 105(6).
 29. Grande NM, Plotino G, Pecci R, Bedini R, Malagnino VA, Somma F. Cyclic fatigue resistance and three dimensional analysis of instruments from two nickel-titanium rotary systems. Int Dent J. 2006; 39 (10).
 30. Anderson ME, Price J, Parasbos P. Fracture Resistance of Electropolished Rotary Nickel-Titanium Endodontic Instruments. J Endod. 2001; 27 (12):772-4.
 31. Gutiérrez JF, Castañeda CM, León V, Ortiz M. Effectiveness of Sterilization Process of Primary WaveOne® Files. Univ Odontol. 2015; Jul-Dic; 34(73): 47-51.
 32. Linsuwanont P, Parashos P, Messer H. Cleaning of rotary nickel-titanium endodontic instruments. Int Endod J. 2001; 37: 19-28.
 33. Plotino G, Costanzo A, Grande NM, Petrovic R, Testarelli L, Gambarini G. Experimental evaluation on the influence of autoclave sterilization on the cyclic fatigue of new nickeltitanium rotary instruments. J Endod 2012; 38 (2):222-5.

34. Plotino G, Testarelli L, Al-Sudani D, Pongione G, Grande NM, Gambarini G. Fatigue resistance of rotary instruments manufactured using different nickel–titanium alloys: a comparative study. *Odontology* 102:31-35.
35. Plotino G, Grande NM, Sorci E, Malagnino VA, Somma F. Influence of a brushing working motion on the fatigue life of NiTi rotary instruments. *Int Endod J*. 2007; 40:45-51.
36. Plotino G, Grande NM, Cordaro M, Testarelli L, Gambarini G. A review of cyclic fatigue testing of nickel-titanium rotary instruments. *J Endod*. 2009; 35(11), 1469-1476.
37. Hilfer PB, Bergeron BE, Mayerchak MJ, Roberts HW, Jeansonne BG. Multiple autoclave cycle effects on cyclic fatigue of nickel-titanium rotary files produced by new manufacturing methods. *J Endod*. 2011; 37(1), 72-74.
38. Rapisardaa E, Bonaccorsob A, Tripib TR, Condorellic GG. Effect of sterilization on the cutting efficiency of rotary nickel-titanium endodontic files. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1999; 88(3), 343-347.
39. Hilfer PB, Bergeron BE, Mayerchak MJ, Roberts HW, Jeansonne BG. Multiple autoclave cycle effects on cyclic fatigue of nickel-titanium rotary files produced by new manufacturing methods. *J Endod*. 2011; 37(1):72-4.
40. Hayashi Y, Yoneyama T, Yahata Y, Miyai K, Doi H, Hanawa T, et al. Phase transformation behaviour and bending properties of hybrid nickel-titanium rotary endodontic instruments. *Int Endod J*. 2007; 40(4):247-53.
41. Melo MCC, Bahia MGA, Buono VTL. Fatigue resistance of engine-driven rotary nickel–titanium endodontic instruments. *J. Endod* 2002; 28, 765-9.
42. Casper RB, Roberts HW, Roberts MD, et al. Comparison of autoclaving effects on torsional deformation and fracture resistance of three innovative endodontic file systems. *J Endod* 2011; 37:1572-5.
43. Viana AC, Gonzalez BM, Buono VT, Bahia MG. Influence of sterilization on mechanical properties and fatigue resistance of nickel–titanium rotary endodontic instruments. *Int Endod J* 2006; 39(9):709-15.

44. Hilt BR, Cunningham CJ, Shen C, Richards N. Torsional properties of stainless-steel and nickel–titanium files after multiple autoclave sterilizations. *J. Endod* 2002; 26:76-80.
45. King JB, Roberts HW, Bergeron BE, et al. The effect of autoclaving on torsional moment of two nickel-titanium endodontic files. *Int Endod J* 2012; 45:156-61. 18.

11. Anexos



EFFECTOS DE LA ESTERILIZACIÓN EN LA FATIGA CÍCLICA DE TF TWISTED FILES



ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA. FACULTAD DE ODONTOLOGÍA. CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS AVANZADOS EN ODONTOLOGÍA. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO.

*C.D. Carolina Ceballos Polanco, M. en EME Ignacio Jiménez Bueno, Dr. En C. S. Ulises Velázquez Enríquez.

I. INTRODUCCIÓN

La aleación de Níquel-Titanio (Ni-Ti) fue desarrollada a principios de la década de los sesenta por William Buehler. Esta aleación posee la habilidad de recuperar su forma original después de someterse a grandes deformaciones a través del calentamiento, efecto conocido como memoria de forma, o mediante la eliminación de la carga, lo que se conoce como efecto superelástico.^{1,2}

En 2008, el sistema rotatorio TF Twisted Files es fabricado con el tratamiento térmico de Fase R, obteniendo como resultado limas 70% más flexibles y 2-3 veces más resistentes a la fatiga cíclica.³

La fatiga cíclica se refiere a los cambios dimensionales que el instrumento sufre cada vez que es utilizado debido al movimiento de flexión y deflexión, o al número de rotaciones al cual ha sido expuesto dentro del sistema de conductos radiculares.⁴

III. OBJETIVO

Analizar la resistencia a la fatiga cíclica del sistema rotatorio TF Twisted Files después de varios ciclos de esterilización con autoclave.

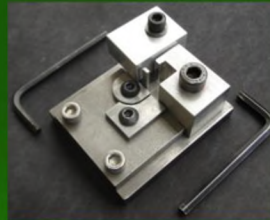


Fig.4. Dispositivo estático fabricado para el estudio; consiste en un marco de acero inoxidable que contiene un conducto radicular artificial y un soporte de aluminio diseñado para la pieza de mano Elements Motor de SybronEndo.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

Un total de 18 instrumentos rotatorios nuevos TF Twisted Files 30/0.06 de 23 mm fueron seleccionados y divididos en 4 grupos para realizar un estudio piloto experimental, transversal, observacional, comparativo y prospectivo.

- **G1:** Tres limas nuevas 30/0.06 de 23 mm del sistema rotatorio TF Twisted Files (Grupo Control).
- **GII:** Cinco limas nuevas 30/0.06 de 23 mm TF Twisted Files después de un ciclo en autoclave.
- **GIII:** Cinco limas nuevas 30/0.06 de 23 mm TF Twisted Files después de tres ciclos en autoclave.
- **GIV:** Cinco limas nuevas 30/0.06 de 23 mm TF Twisted Files después de seis ciclos en autoclave.

Los instrumentos fueron esterilizados por 20 minutos a 132° C en autoclave a diversos ciclos. Posteriormente, se analizaron con microscopio electrónico de barrido. Finalmente, fueron sometidos de manera individual a una prueba de resistencia a la fatiga cíclica con un dispositivo que simula el conducto radicular.



Fig.1. Instrumentos rotatorios nuevos 30/0.06 de 23 mm TF Twisted Files.



Fig. 5. Elements Motor de SybronEndo.



Fig.8. Fractura del instrumento rotatorio.



Fig.2. Autoclave Tuttinauer 2340m. Tuttinauer USA Co., Ltd.

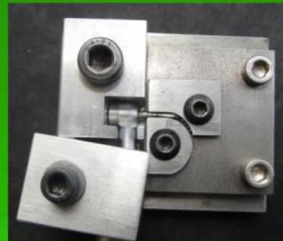


Fig.6. Prueba para resistencia a la fatiga cíclica.

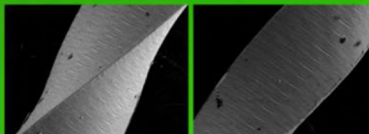


Fig.3. Microscopía electrónica de barrido de un instrumento rotatorio TF Twisted Files 30/0.06 de 23 mm después de los ciclos correspondientes en el autoclave. Se observaron cambios físicos en el instrumento.

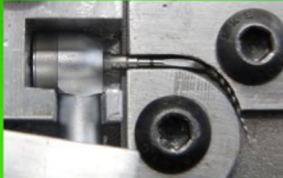


Fig.7. Todos los instrumentos fueron sometidos a una rotación continua a 500 revoluciones por minuto y 400 gr-cm de torque, en un motor Elements Motor de SybronEndo hasta su fractura.

IV. RESULTADOS

Lima	Ciclos en el autoclave	Tiempo de fractura (seg.)	Distancia de la fractura (mm.)
TF Twisted Files 30/0.06 de 23 mm	G1: Ninguno	20	12
		21	12
		20	12
	N=3	19	12
		20	12
		18	11
	G1: Uno	19	12
		20	11
		17	12
	N=5	15	12
		17	12
		18	12
	GIII: Tres	17	11
		14	13
		12	12
N=5	14	12	
	14	12	
	14	12	
GIV: Seis	13	12	
	14	12	
	13	12	

Los resultados indican que la resistencia a la fatiga cíclica tiene un decremento después de esterilizar con autoclave a uno, tres y seis ciclos.

V. CONCLUSIONES

A mayor número de ciclos de esterilización con autoclave se observa un decremento en la resistencia a la fatiga cíclica.

VI. BIBLIOGRAFÍA

1. Nagiewicz R. Endodentia Avanzada. Caracas: Editorial Améica, 2011. pp. 141-179.
2. Thompson S.A. et al. An overview of nickel-titanium alloy used in dentistry. Int Endod J. 2000 Julio; 33 (4): pp. 297-310.
3. Berméjo A. Efecto de la Esterilización en la resistencia a la fatiga cíclica de las limas Hyflex CMF a nivel apical y coronal. Facultad de Odontología. Universidad Complutense de Madrid.
4. Peters OA, Peters CI, Schonenberger K, Barbalow F. ProTaper rotary root canal preparation. assessment of torque and force in relation to canal anatomy. Int Endod J.2003; 36: pp. 93-9.
5. Kim HC, Yum J, Han B, Cheung G. Cyclic Fatigue and Fracture Characteristics of Ground and Twisted Nickel-Titanium Rotary Files. JOM; 2010; 38 (1): pp. 147-152.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Raúl Roberto Morales Luckie por su participación en este proyecto de investigación.





Universidad Nacional Autónoma de México
 Facultad de Odontología
 Federación Mexicana de Facultades
 y Escuelas de Odontología



Otorgan el presente

Reconocimiento

A

CAROLINA CEBALLOS POLANCO

y los coautores

IGNACIO JIMÉNEZ BUENO ULISES VELÁZQUEZ ENRIQUEZ

Por su Participación Académica en la exposición de carteles del

Encuentro Estudiantil de Facultades y Escuelas de Odontología del País

Celebrado el 7 de mayo de 2016 en el WTC de la Ciudad de México.

con el trabajo
EFECTOS DE LA ESTERILIZACIÓN EN LA FATIGA CÍCLICA DE TF TWISTED FILES

Mtro. José Arturo Fernández Pedrero
 Director
 Facultad de Odontología

Comparte información de la Facultad de Odontología UNAM a través de www.unam.mx/odontologia

Fecha de impresión de este documento: Fecha: 25/05/2016 Hora: 08:51:09

C.D. E. E. Alejandro Alcántar Enriquez
 Vicepresidente
 FMFEO

ID: 2016-00330-5

**EEN22. EFECTOS DE LA ESTERILIZACIÓN CON AUTOCLAVE EN LA FATIGA
CÍCLICA DEL SISTEMA ROTATORIO TF TWISTED FILES DE SYBRONENDO.**

Carolina Ceballos Polanco, Ignacio Jiménez Bueno, Ulises Velázquez Enríquez

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

Introducción: La aleación de Níquel-Titanio (Ni-Ti) fue desarrollada a principios de la década de los sesenta por William Buehler. Esta aleación posee la habilidad de recuperar su forma original después de someterse a grandes deformaciones a través del calentamiento, efecto conocido como memoria de forma, o mediante la eliminación de la carga, lo que se conoce como efecto superelástico. En 2008, el sistema rotatorio TF Twisted Files de SybronEndo es fabricado con el tratamiento térmico de Fase R, obteniendo como resultado limas un 70% más flexibles y 2-3 veces más resistentes a la fatiga cíclica.

Objetivo: Analizar la resistencia a la fatiga cíclica del sistema rotatorio TF Twisted Files después de varios ciclos de esterilización con autoclave.

Metodología: Un total de 18 instrumentos rotatorios nuevos TF Twisted Files 30/0.06 de 23 mm fueron seleccionados y divididos en 4 grupos para realizar un estudio experimental, transversal, observacional, comparativo y prospectivo. Los instrumentos fueron sometidos a esterilización por 20 minutos a 132° C en autoclave: GI (n=3, sin esterilización), GII (n=5, 1 ciclo de esterilización) GIII (n=5, 3 ciclos de esterilización) y GIV (n=5, 6 ciclos de esterilización). Posteriormente los instrumentos se analizaron con microscopio electrónico de barrido y finalmente, los fueron sometidos de manera individual a una prueba de resistencia a la fatiga cíclica con un dispositivo que simula el conducto radicular.

Resultados: Los resultados parciales del estudio piloto indican que la resistencia a la fatiga cíclica tiene un decremento después de esterilizar con autoclave a 3, 6 y 9 ciclos.

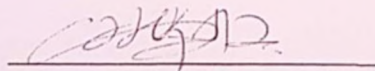
Conclusiones: A mayor número de ciclos de esterilización con autoclave se observa un decremento en la resistencia a la fatiga cíclica.

Toluca, México, 31 de mayo de 2017

M. EN C.S. SARA GABRIELA MARÍA EUGENIA DEL REAL SÁNCHEZ
COORDINADORA DE POSGRADO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
UAEM

El que suscribe C.D. Carolina Ceballos Polanco pasante de la especialidad en endodoncia, solicito a usted de la manera más atenta la autorización para llevar a cabo la impresión de la tesina derivada del proyecto de investigación que lleva por nombre "Efectos de la Esterilización con Autoclave en la Fatiga Cíclica del Sistema Rotatorio TF Twisted Files de SybronEndo" y que se realizó bajo la tutoría del M. en EME Ignacio Jiménez Bueno y el Dr en C.S. Ulises Velázquez Enríquez para así continuar con mis trámites de liberación y obtención del grado académico.

Sin otro particular por el momento y esperando una respuesta favorable, le envío un cordial saludo.



C.D. Carolina Ceballos Polanco



Toluca, México, 31 de mayo de 2017

M. EN C.S. SARA GABRIELA MARÍA EUGENIA DEL REAL SÁNCHEZ

COORDINADORA DE POSGRADO

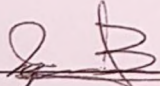
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

UAEM

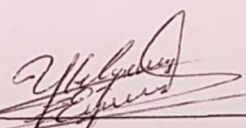
PRESENTE

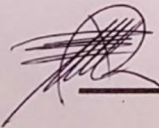
Anticipando a usted un cordial saludo, por este medio le informamos que la C.D. Carolina Ceballos Polanco estudiante de la especialidad en endodoncia concluyó satisfactoriamente el trabajo de tesina titulado "Efectos de la Esterilización con Autoclave en la Fatiga Cíclica del Sistema Rotatorio TF Twisted Files de SybronEndo". Así mismo entregó constancias de participaciones en eventos y documentación relacionada con el proyecto de investigación mencionado.

Sin otro particular por el momento, se despiden de usted


M. en EME IGNACIO JIMÉNEZ BURNO




Dr en C.S. ULISES VELÁZQUEZ ENRÍQUEZ





Universidad Autónoma del Estado de México
Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología

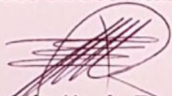
13 de junio de 2017

C.D. CAROLINA CEBALLOS POLANCO
ALUMNA EGRESADA DE LA ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

La que suscribe, **M. en C.S. Sara Gabriela María Eugenia del Real Sánchez**, Coordinadora de Posgrado de la Facultad de Odontología por medio de la presente, manifiesto que la alumna egresada de la Especialidad en Endodoncia; **C.D. CAROLINA CEBALLOS POLANCO**, ha concluido su proyecto terminal titulado "EFECTOS DE LA ESTERILIZACIÓN CON AUTOCLAVE EN LA FATIGA CLÍNICA DEL SISTEMA ROTATORIO TF TWISTED FILES DE SYBRONENDO", por lo que puede continuar con los trámites correspondientes para su impresión y los administrativos para la expedición de Diploma de la Especialidad correspondiente.

Sin más por el momento, me despido.

ATENTAMENTE
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO
"2017, año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos"


M. EN C.S. Sara Gabriela María Eugenia del Real Sánchez
Coordinadora de Posgrado
Facultad de Odontología



c.c.p. Archivo

Jesús Carranza esq. Paseo Tolloca,
C.P. 50130, Toluca, Estado de México
Tel. (722) 2 17 69 07 y 2 17 90 70
Ext. 5060
Coordinación de Posgrado
2-12-64-64
Ext.130

