

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

PROGRAMA DE ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA



**PRUEBA ESTÁTICA DE RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DE 4 SISTEMAS
ROTATORIOS DE INSTRUMENTO ÚNICO EN CONDUCTOS SIMULADOS**

**TRABAJO TERMINAL QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

PRESENTA

C.D. RICARDO RIVERA DÍAZ

PRESIDENTE

(DIRECTOR DEL PROYECTO)

M.O. Salvador Olivares Rodríguez

SINODAL

(CO-DIRECTORA DEL PROYECTO)

Dra. María Elena de los Ángeles Hofmann Salcedo

SINODAL

(CO-DIRECTOR DEL PROYECTO)

Dr. Julio Cesar García Briones

SINODAL

(CO-DIRECTOR DEL PROYECTO)

C.D.E.E. Luis Hernán Carrillo Vázquez

TIJUANA, BAJA CALIFORNIA

JUNIO 2019

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

Tijuana, BC. Junio 2019

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **PRUEBA ESTÁTICA DE RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DE 4 SISTEMAS ROTATORIOS DE INSTRUMENTO ÚNICO EN CONDUCTOS SIMULADOS.**

Propuesto por el **CD Ricardo Rivera Díaz**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

A T E N T A M E N T E

M.O. SALVADOR OLIVARES RODRÍGUEZ

**PRESIDENTE
(DIRECTOR DEL PROYECTO)**

Ccp.- Archivo.

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

Tijuana, BC. Junio 2019

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **PRUEBA ESTÁTICA DE RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DE 4 SISTEMAS ROTATORIOS DE INSTRUMENTO ÚNICO EN CONDUCTOS SIMULADOS.**

Propuesto por el **CD Ricardo Rivera Díaz**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

A T E N T A M E N T E

Dra. María Elena de los Ángeles Hofmann Salcedo

SINODAL
(CO-DIRECTORA DEL PROYECTO)

Ccp.- Archivo.

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

Tijuana, BC. Junio 2019

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **PRUEBA ESTÁTICA DE RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DE 4 SISTEMAS ROTATORIOS DE INSTRUMENTO ÚNICO EN CONDUCTOS SIMULADOS.**

Propuesto por el **CD Ricardo Rivera Díaz**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

A T E N T A M E N T E

Dr. Julio Cesar García Briones

SINODAL
(CO-DIRECTOR DEL PROYECTO)

Ccp.- Archivo.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

Tijuana, BC. Junio 2019

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **PRUEBA ESTÁTICA DE RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DE 4 SISTEMAS ROTATORIOS DE INSTRUMENTO ÚNICO EN CONDUCTOS SIMULADOS.**

Propuesto por el **CD Ricardo Rivera Díaz**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

A T E N T A M E N T E

C.D.E.E. Luis Hernán Carrillo Vázquez

**SINODAL
(CO-DIRECTOR DEL PROYECTO)**

Ccp.- Archivo.

**PRUEBA ESTÁTICA DE RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DE 4 SISTEMAS
ROTATORIOS DE INSTRUMENTO ÚNICO EN CONDUCTOS SIMULADOS.**

PRESENTA

C.D. Ricardo Rivera Díaz

**PRESIDENTE
(DIRECTOR DEL PROYECTO)**

M.O. SALVADOR OLIVARES RODRÍGUEZ

**SINODALES
(CO-DIRECTORES DEL PROYECTO)**

Dra. María Elena de los Ángeles Hofmann Salcedo

Dr. Julio Cesar García Briones

C.D.E.E. Luis Hernán Carrillo Vázquez

Tijuana, Baja California, Junio 2019

AGRADECIMIENTOS

Quiero dedicar este trabajo de tesis a mi familia, a mi padre y a mi madre. A quienes les agradezco por todo el apoyo brindado para poder realizar mis metas.

Agradezco a mi pareja sentimental, por tu total apoyo, confianza y paciencia.

Quiero agradecer a la Dra. Ana Gabriela Carrillo Vázquez, Directora del Posgrado, por creer en mí, y darme la oportunidad de formar parte en este posgrado.

También, quiero agradecer a mi presidente de tesis, al M.O. Salvador Olivares Rodríguez, y a mis Co-directores, La Dra. María Elena de los Ángeles Hofmann Salcedo, al Dr. Julio Cesar García Briones y al C.D.E.E. Luis Hernán Carrillo Vázquez, por su esfuerzo y dedicación en este trabajo.

A todos los docentes, que participaron en mi formación profesional.

A mis compañeros de posgrado, por su amistad, enseñanzas y por ser parte del camino.

AGRADECIMIENTOS

Finalmente, quiero agradecer a las siguientes instituciones:

Al Dr. Carlos Muñoz, de la empresa Kavo Kerr, por permitir el ingreso a sus instalaciones y utilización del equipo, por su colaboración y supervisión en esta investigación.

Al Mtro. José Carlos Ríos, Jefe del Centro de Graduados del Instituto Tecnológico de Tijuana, por permitir el acceso a sus instalaciones, así como a la Dra. Teresita Oropeza y al Dr. Ignacio Rivero por su colaboración para realizar el análisis de las muestras con el microscopio electrónico de barrido.

Al CONACYT por la beca otorgada.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
LISTA DE ABREVIATURAS	vi
RESUMEN	vii
INTRODUCCIÓN	1
Endodoncia	1
Preparación quimiomecánica de los conductos radiculares.....	1
Instrumentos rotatorios.....	2
Aleación de Níquel Titanio	2
Metalurgia de los instrumentos rotatorios.....	4
Separación de los instrumentos rotatorios	5
Fatiga cíclica	6
Factores contribuyentes a la separación de instrumentos Rotatorios	6
Movimiento Reciprocante.....	7
Instrumentos rotatorios por evaluar.....	8
JUSTIFICACIÓN	12
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
HIPÓTESIS	14
Hipótesis de trabajo	14
Hipótesis nula.....	14
Hipótesis alternativa I	14
Hipótesis alternativa II	14
Hipótesis alternativa III	14
Hipótesis alternativa IV.....	14
OBJETIVOS	15
Objetivo general	15

CONTENIDO

Objetivos específicos	15
VARIABLES	16
Variables Independientes.....	16
Variables Dependientes	16
Operación de Variables.....	16
Materiales y métodos	17
Tipo de estudio.....	17
Universo de estudio	17
Metodología.....	17
Materiales.....	17
Prueba de resistencia a la fatiga cíclica	20
Microscopio electrónico de barrido (MEB).....	22
Análisis estadístico.....	25
RESULTADOS	26
Numero de ciclos hasta la fractura (NCF)	27
Análisis Estadístico	28
Tiempo	28
NCF.....	32
DISCUSIÓN	35
CONCLUSIONES.....	37
RECOMENDACIONES	38
REFERENCIAS.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Instrumentos a evaluar.....	18
Figura 2. Microscopio óptico, Ultrasonido.....	19
Figura 3. Dispositivo metálico con conductos simulados.....	19
Figura 4. Base especial que fija el contrángulo.....	20
Figura 5. Ejemplificación del procedimiento de fatiga cíclica.....	21
Figura 6. Micrografías del sistema HyFlex EDM.....	22
Figura 7. Micrografías del sistema XP Endo Shaper.....	23
Figura 8. Micrografías del sistema Reciproc Blue.....	24
Figura 9. Micrografías del sistema Wave One Gold.....	25

LISTA DE ABREVIATURAS

Af	Temperatura final de transformación austenítica
As	Temperatura inicial de transformación austenítica
CM	Memoria Controlada
EDM	Mecanizado por descarga eléctrica
MEB	Microscopio electrónico de barrido
Mf	Temperatura final de transformación martensítica
Ms	Temperatura inicial de transformación martensítica
NCF	Numero de ciclos hasta el fallo
Ni-Ti	Níquel-Titanio
RPC	Reciproc
SE	Superelasticidad
TM	Transformación Martensítica
WOG	Wave One Gold
XPS	XP Shaper

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la resistencia a la fatiga cíclica de 4 sistemas rotatorios de instrumento único: Reciproc Blue, Wave One Gold, HyFlex EDM y XP Endo Shaper.

Para este estudio se utilizaron 40 instrumentos distribuidos en 4 grupos experimentales (n=10). Para la prueba estática se utilizó una estructura especial. Para esta experimentación se utilizó un dispositivo metálico artificial que posee un canal simulado con un ángulo de curvatura de 60° y 5 mm de radio de curvatura. Todos los instrumentos fueron activados dentro de este canal artificial utilizando un contrángulo de reducción 6:1 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), activada por un motor con control de torque (X smart plus, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), utilizando la velocidad y torque establecida por los fabricantes (Reciproc Blue, fue utilizado con la función preestablecida de Wave One Gold).

Todos los instrumentos fueron activados dentro del canal artificial hasta el momento de la fractura. Se tomó el tiempo para cada uno de ellos y los datos se sometieron a análisis estadístico ANOVA, para determinar si existen diferencias significativas entre los sistemas.

El análisis bajo el microscopio electrónico de barrido determinó que la fractura de los instrumentos era de tipo dúctil (fatiga cíclica).

Conclusión: HyFlex EDM es el instrumento que estadísticamente presentó mayor resistencia a la fatiga cíclica, seguido de XP Endo Shaper y Reciproc Blue. Wave One Gold fue el sistema que presentó menor resistencia a la fatiga cíclica.

INTRODUCCIÓN

Endodoncia

En su ámbito integra las ciencias básicas y clínicas que se ocupan de la biología de la pulpa, así como la etiopatogenia, el diagnóstico, la prevención y el tratamiento de las enfermedades y lesiones de la misma y de los tejidos perirradiculares asociados ⁽¹⁾. El tratamiento endodóntico está conformado por tres etapas: la primera de ellas consiste en realizar un acceso hacia los conductos radiculares, posteriormente se lleva a cabo su preparación biomecánica para finalizar con la obturación tridimensional de los mismos. Para realizar un tratamiento de conductos apropiado, después de un diagnóstico correcto, se podría decir que existe una triada endodóntica: Acceso, preparación quimiomecánica y obturación ⁽²⁾. En esta investigación nos enfocaremos en la segunda etapa de la triada endodóntica: la preparación mecánica de los conductos radiculares.

Preparación quimiomecánica de los conductos radiculares.

Los objetivos principales de la preparación del conducto radicular son eliminar el tejido infectado, dar acceso a los irrigantes a toda la longitud del conducto y crear un espacio para administrar medicamentos y el material de obturación definitivo ⁽²⁾.

En 1838, Maynard creó el primer instrumento endodóntico, idealizado a partir de un muelle de reloj y desarrolló otros para utilizarlos con el objetivo de limpiar y ensanchar el conducto radicular ⁽³⁾.

Esa instrumentación considerada como clásica o convencional determinaba un aumento en el diámetro del conducto radicular correspondiente al creciente aumento numérico de los diámetros de los instrumentos, siendo esa instrumentación realizada en sentido ápice/corona y en toda la extensión del conducto ⁽³⁾.

INTRODUCCIÓN

Los primeros instrumentos endodónticos manuales eran hechos de acero inoxidable, con el tiempo, en el intento de mejorar la calidad y cualidades de los instrumentos se desarrolló una nueva aleación: Níquel-Titanio (NiTi) ⁽³⁾.

Se ha observado con su utilización mejor calidad de manutención de la forma de la preparación del conducto radicular, asociado al menor tiempo de trabajo y reducción de stress del profesional ⁽³⁾.

Instrumentos rotatorios

En endodoncia se han utilizado diferentes aleaciones metálicas en la fabricación de instrumentos para lograr una buena preparación biomecánica y respetando la anatomía del conducto radicular, es así como en últimos 30 años se ha vuelto popular el uso de la aleación de níquel-titanio para la fabricación de instrumentos rotatorios, los cuales han sustituido gradualmente las limas de acero inoxidable debido a su alta flexibilidad y propiedades como control de memoria ^(4,5).

Aleación de Níquel Titanio

El avance tecnológico y la asociación de la metalurgia con la Endodoncia permitieron que los instrumentos rotatorios se fabricaran con aleación de níquel-titanio, que confiere a los mismos, superelasticidad, flexibilidad, resistencia a la deformación plástica y a la fractura ⁽³⁾.

La aleación de níquel-titanio ofrece una superelasticidad, término utilizado para caracterizar la propiedad de ciertas aleaciones metálicas al retornar a su forma original, después de librarse de una acción (fuerza) de deformación. Las aleaciones de níquel-titanio, cuando son sometidas a la deformación de hasta 10%, pueden retornar a su forma normal, siendo, por lo tanto, recuperables; mientras las limas de acero inoxidable solamente retornan a su estado inicial cuando la deformación no es superior al 1% ⁽³⁾.

La superelasticidad de la aleación, hace que el instrumento sea más flexible que el de acero inoxidable, sin exceder su límite de elasticidad, permitiendo así una

mejor instrumentación de los conductos radiculares curvos, como también minimizando el transporte del foramen ⁽⁶⁾.

Por otro lado, la deformación plástica de una aleación se caracteriza por su capacidad de sufrir deformaciones permanentes, sin alcanzar la ruptura. Esta propiedad permite evaluar la capacidad de trabajo mecánico que el material podría soportar, conservando, no obstante, su integridad física ⁽³⁾.

Desde las primeras investigaciones hechas por Walia introduciendo la aleación de níquel titanio en Endodoncia, los instrumentos rotatorios fabricados de esta aleación han sido ampliamente utilizados en la práctica clínica. Estos instrumentos tienen la capacidad de recuperar su forma original después de someterse a grandes deformaciones (hasta el 8%) mediante calor, conocido como efecto de memoria de forma, o mediante el retiro de la carga, conocido como efecto de superelasticidad. En general esta aleación de NiTi tiene tres fases estructurales (austenítica, martensita y Fase R) ^(3,7).

Las limas de níquel-titanio presentan flexibilidad el 500% mayor que las de acero inoxidable. Esta propiedad permite que esos instrumentos acompañen la curvatura del conducto radicular con facilidad, impidiendo el desplazamiento apical y manteniendo su forma original ⁽⁴⁾.

Tanto el efecto memoria de forma como la superelasticidad se relacionan con el cambio de fase en el estado sólido de la aleación, la transformación martensítica (TM), puede inducirse por aplicación de tensión o por reducción de temperatura. La transformación martensítica es una transformación entre una fase de estructura cristalina de alta simetría, denominada austenita o fase matriz y una fase de baja simetría, denominada martensita. Durante la transformación Austenita a Martensita, los átomos se mueven por medio de un mecanismo tipo cizallamiento, sin alterar la composición química de la matriz y se reacondicionan en una nueva estructura cristalina más estable. La estructura austenita es estable en altas temperaturas y bajos valores de tensión, y la martensita es estable en bajas temperaturas y altos valores de tensión ⁽³⁾.

Metalurgia de los instrumentos rotatorios

La aleación de NiTi puede existir en dos formas de estructuras cristalinas dependientes de la temperatura (fases) llamadas martensita (fase de baja temperatura) y austenita (fase de temperatura alta o fase matriz) ⁽⁴⁾.

Cuando NiTi martensita se calienta, empieza a convertirse en austenita. La temperatura a la que comienza este fenómeno se denomina la temperatura inicial de transformación austenítica (As). La temperatura a la que este fenómeno es completada se denomina la temperatura de finalización austenita (Af), lo que significa que en y por encima de esta temperatura el material se ha completado su transformación y mostrara sus características de superelasticidad (SE) ⁽³⁾.

Cuando NiTi en austenita se enfría, comienza a transformarse en martensita. La temperatura a la que comienza este fenómeno se denomina la temperatura de inicio transformación martensita (Ms). La temperatura a la que la martensita es de nuevo completamente revertido se le conoce como la temperatura final de transformación martensita (Mf). La temperatura Af para la mayoría de los instrumentos SE de NiTi está en o por debajo de la temperatura ambiente, mientras que el Af de la nueva memoria controlada (CM) es claramente superior a la temperatura del cuerpo. Como resultado, las limas de NiTi son convencionales en la fase de austenita durante el uso clínico, mientras que los instrumentos CM se encuentran principalmente en la fase de martensita ⁽³⁾.

En el caso de los instrumentos endodónticos, la transformación Martensita se produce en función de la tensión impuesta por la curvatura en el interior del conducto radicular. Los instrumentos endodónticos de NiTi se presentan completamente austeníticos a temperatura ambiente. Estos instrumentos tienen un comportamiento superelástico durante el uso clínico, donde la imposición de tensión inducida por la curvatura radicular resulta en ciclos de transformación martensita e inversa, debido a la rotación continua. En la remoción final de la tensión, que se produce por la retirada del instrumento del interior del conducto radicular, ocurre la transformación inversa hacia la estructura austenítica original ⁽⁶⁾.

Separación de los instrumentos rotatorios

A pesar de las numerosas ventajas de los instrumentos rotatorios de níquel-titanio (NiTi), estos pueden presentar riesgos a la fractura durante su uso en conductos curvos, lo que pudiera llegar a comprometer el pronóstico de un tratamiento de conductos ⁽³⁾. Aunque las propiedades de los instrumentos de NiTi permiten la adecuada preparación biomecánica de conductos curvos, la aleación de níquel-titanio presenta una mayor tasa de fractura que los instrumentos fabricados con acero inoxidable. Se ha reportado una prevalencia de fractura de instrumentos entre un 5 y un 20%, y esta complicación influye en el resultado del tratamiento de conductos y disminuye el pronóstico entre el 6 y el 20% ⁽⁸⁾.

La fractura de limas endodónticas puede ser de dos formas: por torsión y por flexión ⁽⁹⁾.

La fractura por torsión se produce por el atrapamiento de un segmento del instrumento rotatorio dentro del conducto radicular, este al continuar girando sobrepasa su límite elástico e inicia la deformación plástica que lleva posteriormente a la fractura del instrumento. Este tipo de fractura puede prevenirse realizando procedimientos como el pre-ensanchamiento o Glide Path utilizando para este fin instrumentos como las limas PathFile o ProGlider ^(10,11).

Por otra parte, la fractura por flexión se produce cuando el instrumento gira libremente en una curvatura, dicha curvatura genera en la lima ciclos de tensión/compresión; estos esfuerzos acumulados en el punto de máxima flexión llevan al instrumento a la fractura. A diferencia de la fractura torsional este tipo de fractura es dependiente de la morfología del conducto radicular produciéndose en mayor proporción en conductos con curvaturas severas ^(10,12).

La desventaja que presenta una lima de níquel-titanio es que se puede fracturar sin previo aviso, es decir sin mostrar durante el procedimiento clínico señales visibles de deformación plástica, lo que hace muy difícil prevenir este accidente ⁽¹³⁾.

Fatiga cíclica

La fatiga cíclica es acumulativa y no regresiva; es por esta razón que es recomendable desechar los instrumentos después de haberlos usado cierto número de veces. En realidad, no depende del número de veces que fueron usados, sino de la carga a que fueron sujetos durante el o los tratamientos de conductos radiculares. Los alambres con los que están fabricados los instrumentos se componen por fibras metálicas, las cuales están alineadas longitudinalmente. Existe una fibra metálica en el centro de los instrumentos la cual es denominada fibra neutral. Al introducir un instrumento a un conducto radicular curvo, este sufre una deformación por lo que las fibras del lado cóncavo del instrumento van a ser comprimidas y las del lado convexo van a sufrir una dilatación. Al aplicarle movimientos de rotación al instrumento, las fibras metálicas empiezan a sufrir contracciones y dilataciones alternadamente, por lo que de esta manera se le induce a una fatiga cíclica, la cual es acumulativa y no reversible. Al haber superado los límites de elasticidad del instrumento, éste sufre deformaciones plásticas irreversibles y posteriormente se fractura ⁽¹⁴⁾.

La fractura, por lo general, se produce al empieza de la curvatura del conducto ya que es ahí donde el instrumento sufre mayor grado de distorsión.

Factores contribuyentes a la separación de instrumentos Rotatorios

Existen diversos factores que influyen en la fractura de instrumentos como son:

- Material de fabricación.
- Habilidad del operador.
- Número de usos.
- Configuración geométrica del instrumento.

Este último es un determinando importante debido al efecto que tiene en el comportamiento mecánico de la lima como herramienta de corte ⁽¹⁵⁾.

Como se mencionó antes, los instrumentos hechos en esta aleación ofrecen importantes ventajas, reducen la transportación del conducto radicular, permiten una preparación más sencilla y eficiente, además de disminuir la incidencia de errores durante el procedimiento, aumentando la tasa de éxito. Sin embargo, la separación de las limas rotatorias continua siendo una preocupación constante para el clínico ⁽¹⁵⁾.

Por otro lado, estos instrumentos son usualmente reusados por razones económicas, por lo tanto, es necesario esterilizarlos en autoclave en repetidas ocasiones. Yahata y cols. (2009) sugirieron que la esterilización en autoclave de los instrumentos NiTi podía aumentar su flexibilidad y, por ende, la resistencia a la fatiga cíclica. Por otro lado, Mize y cols. (1998) informaron que la exposición al calor durante la esterilización en autoclave no aumento la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos Lightspeed ⁽¹⁵⁾.

Se han desarrollado varios métodos en el intento de prevenir la fractura de los instrumentos de níquel-titanio. Alterando la sección transversal de los instrumentos, tratamientos diferentes con calor, y electro pulimiento son algunos de los métodos que se han utilizado para prevenir fracturas ⁽¹⁶⁾.

Movimiento Reciprocante

La introducción de un movimiento reciprocante ha desarrollado nuevas perspectivas sobre la preparación del conducto. El movimiento reciprocante alivia el estrés sobre el instrumento mediante movimientos asimétricos antihorario (acción cortante) y movimientos en sentido horario (liberación del instrumento). Se ha demostrado que cambiando la cinemática de rotación a reciprocante, incrementa la resistencia a la fatiga cíclica y resistencia torsional de los instrumentos de NiTi ^(14,16).

Los primeros esfuerzos fueron dirigidos a cambiar el diseño y luego a la modificación de las propiedades de la aleación. Recientemente, han implementado

cambios en el tipo de movimiento que efectúan durante la conformación del sistema de canales radiculares.

Wave One y Reciproc fueron los primeros instrumentos modernos en utilizar un movimiento de reciprocación, que se caracteriza por un mayor giro a favor del sentido de su helicoide que en contra ($150^{\circ}/30^{\circ}$ aproximadamente). El movimiento recíproco básicamente se fundamenta en que cuando los instrumentos giran en contra del sentido de su helicoide se centran, disminuyen su stress y riesgo de fractura, sin embargo, tienden a impulsar detritus apicalmente ⁽¹⁷⁻¹⁹⁾.

Instrumentos rotatorios por evaluar

Para este estudio serán evaluados los siguientes instrumentos rotatorios:

HyFlex EDM (Coltene/Whaledent, Altstätten, Switzerland).

El mecanizado por descarga eléctrica (EDM) se usa a menudo en la fabricación de cupones de prueba de fatiga porque permite la producción de formas complejas y muescas de inicio afiladas. Sin embargo, el efecto que el proceso de mecanizado tiene sobre la susceptibilidad a la corrosión debida a las alteraciones de la superficie es desconocido. Este trabajo se centra en el efecto que tiene el método de mecanizado en el comportamiento de la corrosión y la fatiga por corrosión de las aleaciones de aluminio ⁽²⁰⁾.

Las nuevas limas HyFlex EDM constituyen la 5.^a generación de limas endodónticas. Las limas de NiTi HyFlex EDM tienen propiedades totalmente nuevas gracias a su innovador proceso de fabricación con mecanizado por descarga eléctrica o EDM. Al entrar en contacto el material de base y la herramienta eléctrica, se genera una potente descarga. Las chispas generadas durante este proceso hacen que la superficie del material se funda y se evapore. Así es como se crea la superficie única de las nuevas limas de NiTi HyFlex EDM, ahora más fuertes y resistentes a la rotura. Esta combinación totalmente única de flexibilidad y resistencia a la rotura permite reducir el número de limas necesarias para la limpieza y el conformado durante las endodoncias sin comprometer la conservación de la anatomía del canal radicular. Al igual que las limas HyFlex CM, las HyFlex EDM

cuentan con el conocido efecto de memoria controlada o CM. De esta forma se obtienen unas propiedades muy similares en cuanto a regeneración y flexibilidad del material ^(21,22).

XP Endo Shaper (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland)

Recientemente, XP-endo Shaper (XPS; FKG Dentaire, La de Chaux-de-Fonds, Suiza) se ha introducido. XPS está disponible en una talla 30, 0.01 cónica que se produce a partir de la aleación NiTi MaxWire (Martensite-Austenite Electropolishing-Flex, FKG). La aleación MaxWire permite a los instrumentos reaccionar a los cambios de temperatura y tomar una forma predeterminada dentro del canal radicular a la temperatura corporal. La aleación MaxWire permite que el XPS esté en su fase martensítica a 20° C; por otro lado, cuando se coloca dentro del canal a la temperatura corporal, se transforma a la fase austenítica. Otra característica del instrumento XPS es la punta Booster, en la que el instrumento tiene seis filos en la punta. Según el fabricante, el Booster Tip permite que el instrumento XPS comience a moldearse después de una trayectoria de al menos ISO 15, y aumente constantemente su campo de trabajo para lograr una ISO 30 con un solo instrumento ^(15,22).

Reciproc Blue (VDW, Múnich, Germany)

RPC Blue es la última versión de las limas conocidas como Reciproc (RPC, VDW). RPC Blue tiene una sección transversal en forma de S, 2 filos y una punta no cortante. Sin embargo, las limas RPC Blue se fabrican modificando la estructura molecular mediante un nuevo tratamiento térmico para aumentar la resistencia a la fatiga cíclica. Este nuevo tratamiento térmico da a la lima su color azul. Según el fabricante, las limas RPC Blue tienen una resistencia a la fatiga cíclica aproximadamente 2 veces mayor que el sistema RPC ⁽⁸⁾.

La evolución de las limas Reciproc, misma simplicidad de uso y eficiencia de corte con un nuevo tratamiento térmico que aporta mayor flexibilidad y seguridad ⁽²³⁾.

Simple y efectiva: La nueva generación de limas RECIPROC® blue combina la facilidad del concepto original RECIPROC® one file endo con una mayor seguridad para el paciente durante la preparación del conducto radicular y en el retratamiento de obturaciones. Gracias a un tratamiento térmico innovador, RECIPROC® blue es particularmente flexible para asegurar una progresión más suave y segura en el conducto radicular. Además, el tratamiento térmico le confiere su color azul característico ⁽²³⁾.

El innovador tratamiento térmico aumenta la flexibilidad de la lima un 40% y la resistencia contra la fatiga cíclica 2,3 veces, por lo que permite pre-curvar las limas sin riesgos. Una nueva gama con un rendimiento optimizado ⁽²³⁾.

Wave One Gold (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)

WOG tiene una sección transversal, tamaño y geometría modificadas con respecto Wave One. WOG tiene un diseño transversal de un paralelogramo, que provee un ángulo de corte de 85° con un punto de contacto alternado. Su color dorado proviene de un tratamiento térmico al instrumento (calentado y enfriado lentamente varias veces). El fabricante menciona que esto es lo que da lugar a la flexibilidad al instrumento ^(23,24).

La aleación “Gold” combina la flexibilidad con resistencia a la fatiga cíclica y torsional, mientras que es lo suficientemente rígida para optimizar la eficiencia de corte. Este tipo de aleación mejora la facilidad con que el instrumento llega a longitud de trabajo. Reduce la fuerza del instrumento contra la pared del conducto, minimizando el transporte radicular. El tratamiento “Gold” proporciona, además, una mayor seguridad de uso con una sensación táctil mejorada, así como una increíble capacidad de gestión de curvaturas complejas. - Los instrumentos presentan una conicidad variable, como todos los instrumentos de Maillefer ⁽²³⁾.

La reducción de los microorganismos intraconducto es el objetivo principal del tratamiento del conducto radicular. Esto puede ser logrado usando una preparación quimio-mecánica adecuada y, por lo tanto, es esencial para el éxito del tratamiento endodóntico. Sin embargo, actualmente ningún instrumento puede

limpiar de manera predecible todo el sistema de conductos radiculares, y especialmente en la porción apical de los conductos radiculares, la eficiencia de limpieza es limitada. Por lo tanto, aún existe controversia sobre el tamaño óptimo de la ampliación del canal radicular apical para maximizar la eficiencia de la limpieza en esta parte crucial del canal radicular. Además, el estrechamiento de las preparaciones del canal radicular parece no afectar la limpieza del conducto, ya que incluso cuando se utilizan instrumentos con mayor ahusamiento, la eliminación de la capa de frotis no se logra de manera suficiente en la porción apical de los conductos ⁽²⁵⁾.

Se afirma que las limas Reciproc (VDW, Munich, Alemania) y Wave One (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) de níquel-titanio (NiTi) pueden preparar completamente y limpiar los conductos radiculares con un solo instrumento. Estas limas están hechas de una aleación especial de NiTi llamada M-Wire que se crea mediante un proceso innovador de tratamiento térmico ⁽²⁵⁾.

Los beneficios de este Ni-Wire M-Wire son una mayor flexibilidad de los instrumentos y una mejor resistencia a la fatiga cíclica (Shen et al. 2006). Estas limas se utilizan en un movimiento recíproco que requiere dispositivos automatizados especiales. Las limas Reciproc están disponibles en diferentes tamaños 25, taper 08; 40, taper 06; 50, taper 05 y Wave One están disponibles en los tamaños 21, taper 06; 25, taper 08; y 40, estrechamiento 08. El movimiento recíproco alivia el estrés en el instrumento y, por lo tanto, reduce el riesgo de fatiga cíclica causada por la tensión y la compresión. El movimiento de trabajo alternativo consiste en un movimiento en sentido antihorario (dirección de corte) y en sentido horario (liberación del instrumento), mientras que el ángulo de la dirección de corte en sentido antihorario es mayor que el ángulo de la dirección inversa. Debido al hecho de que el ángulo contrario a las agujas del reloj es mayor que el de las agujas del reloj, se afirma que el instrumento avanza continuamente hacia el vértice del conducto radicular ⁽²⁵⁾.

JUSTIFICACIÓN

Este estudio tiene como finalidad evaluar la resistencia a la fatiga cíclica de cuatro sistemas rotatorios NiTi de instrumento único, con el objetivo de determinar si es que existen diferencias significativas entre los mismos al utilizarse en situaciones complejas, como, por ejemplo, conductos simulados con alto grado de curvatura. Esto con la finalidad de darle al clínico el conocimiento necesario al momento de seleccionar los instrumentos a utilizar para cada caso.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el presente estudio se plantea la evaluación de la fatiga cíclica en conductos simulados de diferentes sistemas rotatorios de instrumento único (HyFlex EDM, Reciproc Blue, Wave One Gold y XP Endo Shaper). Por lo cual, nos planteamos la siguiente pregunta: ¿Cuál de los instrumentos seleccionados a evaluar presenta una mayor resistencia a la fatiga cíclica?

HIPÓTESIS

Hipótesis de trabajo

La evaluación de sistemas rotatorios de NiTi de instrumento único HyFlex EDM, Wave One Gold, Reciproc Blue y XP Endo Shaper mientras son activados dentro de conductos simulados nos permitirá identificar diferencias -si las hay- sobre su resistencia a la fatiga cíclica.

Hipótesis nula

No existe una diferencia estadísticamente significativa en la resistencia a la fatiga cíclica de los cuatro sistemas rotatorios estudiados: HyFlex EDM, Wave One Gold, Reciproc Blue y XP Endo Shaper.

Hipótesis alternativa I

Si existe una diferencia estadísticamente significativa en la resistencia a la fatiga cíclica del sistema HyFlex EDM sobre Wave One Gold, Reciproc Blue y XP Endo Shaper.

Hipótesis alternativa II

Si existe una diferencia estadísticamente significativa en la resistencia a la fatiga cíclica del sistema Wave One Gold sobre HyFlex EDM, Reciproc Blue y XP Endo Shaper.

Hipótesis alternativa III

Si existe una diferencia estadísticamente significativa en la resistencia a la fatiga cíclica del sistema Reciproc Blue sobre Wave One Gold, HyFlex EDM y XP Endo Shaper.

Hipótesis alternativa IV

Si existe una diferencia estadísticamente significativa en la resistencia a la fatiga cíclica del sistema XP Endo Shaper sobre Wave One Gold, Reciproc Blue y HyFlex EDM.

OBJETIVOS

Objetivo general

El objetivo general es evaluar la resistencia a la fatiga cíclica de los sistemas rotatorios NiTi de instrumento único HyFlex EDM, Wave One Gold, Reciproc Blue y XP Endo Shaper.

Objetivos específicos

1. Evaluar cuál de los instrumentos estudiados posee una mayor resistencia a la fatiga cíclica.
2. Determinar el número de ciclos hasta el fallo de cada uno de los instrumentos.
3. Realizar un análisis estadístico de los resultados para determinar si existen diferencias significativas entre los sistemas.
4. Realizar una fractografía para determinar el tipo de fractura que sufren estos instrumentos bajo el microscopio electrónico de barrido (MEB).

VARIABLES

Variables Independientes

- 1.- Instrumentos rotatorios.

Variables Dependientes

- 1.- Tiempo hasta el fallo de cada instrumento.
- 2.- Tipo de fractura de cada instrumento.

Operación de Variables

Se obtendrá el NCF (Número de ciclos hasta el fallo) de cada instrumento mediante la siguiente formula: $NCF = \text{Tiempo (seg)} \times \text{RPM}$.

Materiales y métodos

Tipo de estudio

Experimental y descriptivo

Universo de estudio

Instrumentos rotatorios HyFlex EDM, Wave One Gold, Reciproc Blue y XP Endo Shaper.

Metodología

Materiales

Para este estudio fueron seleccionados cuatro grupos de instrumentos rotatorios de NiTi de similares calibres: fueron seleccionados 10 instrumentos nuevos HyFlex EDM (Coltene/Whaledent, Altstätten, Switzerland) con una medida 25/.~, 10 instrumentos nuevos XP Endo Shaper (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) con una medida 30/.01 de conicidad variable, 10 instrumentos nuevos Reciproc Blue R25 (VDW, Múnich, Germany) con una medida 25/.08 de conicidad variable y 10 instrumentos nuevos Wave One Gold Primary (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) con una medida 25/.07 de conicidad variable. Un total de 40 instrumentos fueron evaluados y divididos en 4 grupos experimentales (n=10): grupo 1, Reciproc Blue R25; grupo 2, Wave One Gold Primary; grupo 3, HyFlex EDM y grupo 4, XP Endo Shaper.

(Las casas comerciales aseguran que Reciproc blue trabaja a una velocidad de 300 rpm, Wave One Gold trabaja a 350 rpm, HyFlex EDM trabaja a una velocidad de 350 rpm y XP Endo Shaper trabaja a una velocidad de 1000 rpm).

MATERIALES Y MÉTODOS

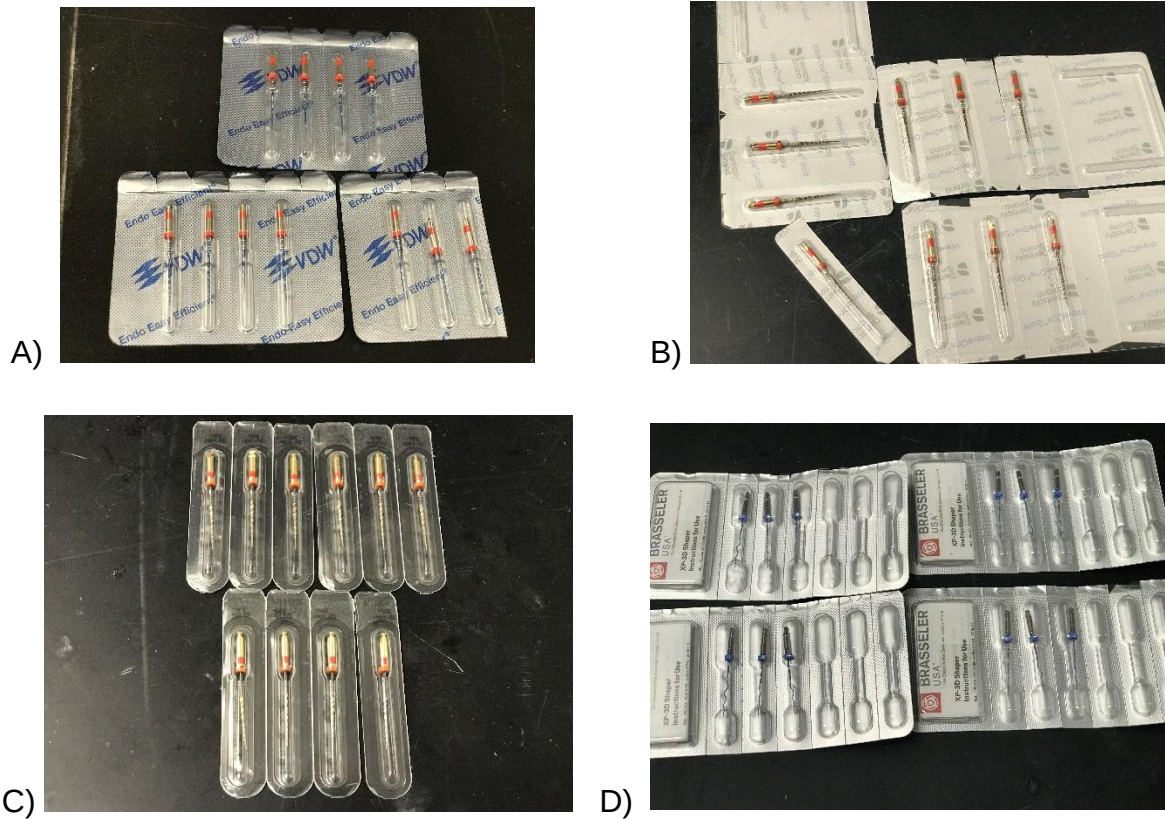


Figura 1. Instrumentos a evaluar. A) Reciproc Blue, B) Wave One Gold, C) HyFlex EDM, D) XP Endo Shaper.

Todos los instrumentos fueron analizados individualmente bajo el microscopio óptico para asegurar que ninguno tuviera algún defecto de fábrica o alguna anomalía. Una vez analizados fueron colocados en una máquina de ultrasonido para eliminar residuos mediante vibraciones ultrasónicas. Después, fueron sumergidos en alcohol por 1 minuto para eliminar cualquier tipo de residuo que pudieran llegar a presentar sobre la superficie de la lima.

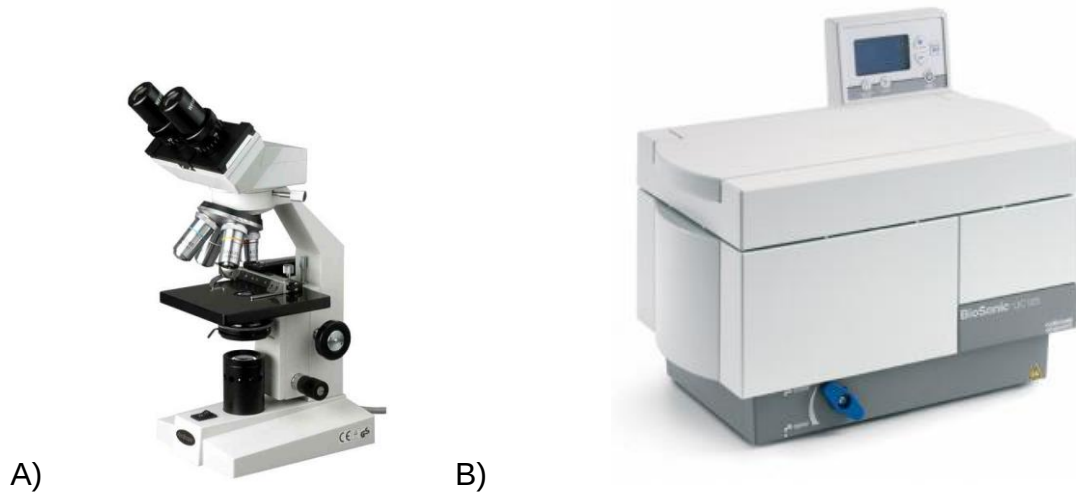


Figura 2. A) Microscopio óptico, B) Ultrasonido.

Las pruebas de fatiga cíclica se realizaron en las instalaciones de la empresa Kavo Kerr, en la ciudad de Orange, California, bajo la supervisión del Dr. Carlos Muñoz.

Los instrumentos fueron sometidos a la prueba de resistencia a la fatiga cíclica utilizando un dispositivo mecánico desarrollado exclusivamente para este propósito y ha sido utilizado en estudios similares ^(4, 7, 10). Este aparato le permite al instrumento girar libremente dentro de un canal de acero inoxidable simulando un conducto con 60° de curvatura y 5 mm de radio de curvatura. Para reducir la fricción mientras el instrumento contacta con la superficie del dispositivo, se utilizó aceite sintético.



Figura 3. Dispositivo metálico con conductos simulados

Prueba de resistencia a la fatiga cíclica

Todos los instrumentos fueron activados utilizando una pieza de mano de reducción 6:1 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), activada por un motor con control de torque (X smart plus, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), siguiendo las indicaciones de uso recomendadas por los fabricantes. En el caso de los instrumentos Reciproc Blue, fueron utilizados con la configuración preestablecida para Wave One Gold.

Para realizar las pruebas, se utilizó un dispositivo, el cual, presenta una estructura especial para la fijación del contrángulo, con el que se podía controlar la inserción del instrumento dentro del dispositivo metálico.

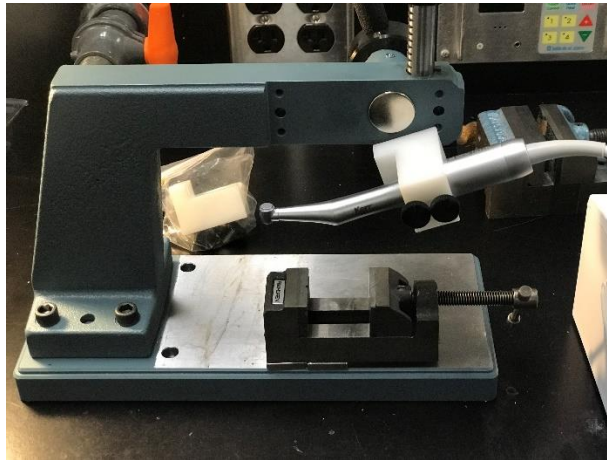


Figura 4. Dispositivo de fijación del contrángulo.

Todos los instrumentos se colocaron a 22 mm y fueron activados hasta que ocurrió la fractura, y el tiempo hasta la fractura fue grabado visualmente para evitar el error humano y se utilizó un cronómetro digital para cada uno de los instrumentos. La fractura fue fácilmente detectable por que los instrumentos eran visibles a través de una ventana transparente en el dispositivo mecánico.

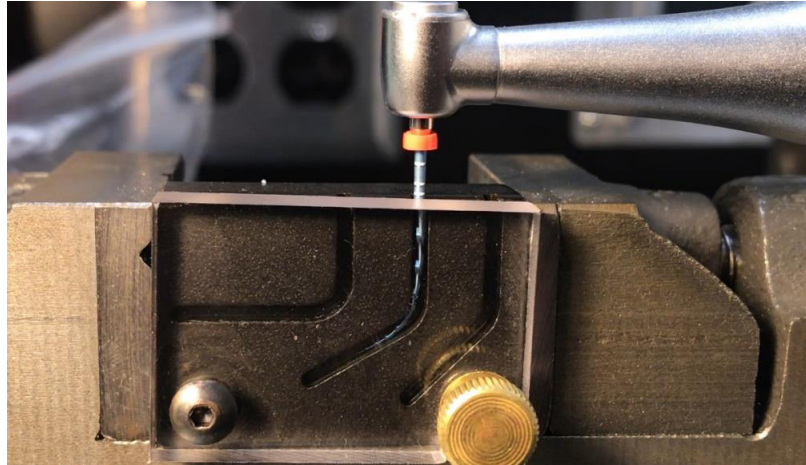


Figura 5. Ejemplificación de la posición del contrángulo, dispositivo con conductos simulados y el instrumento a examinar.

El número de ciclos hasta la fractura (NCF) para cada instrumento fue calculado multiplicando el tiempo (en segundos) por el número de rotaciones o ciclos por segundo, independientemente de la dirección de rotación. Para determinar el tipo de fractura, origen de la fractura, así como los planos de fractura que sufrió cada instrumento, los segmentos separados, así como las limas, fueron analizadas bajo microscopio electrónico de barrido.

Microscopio electrónico de barrido (MEB)

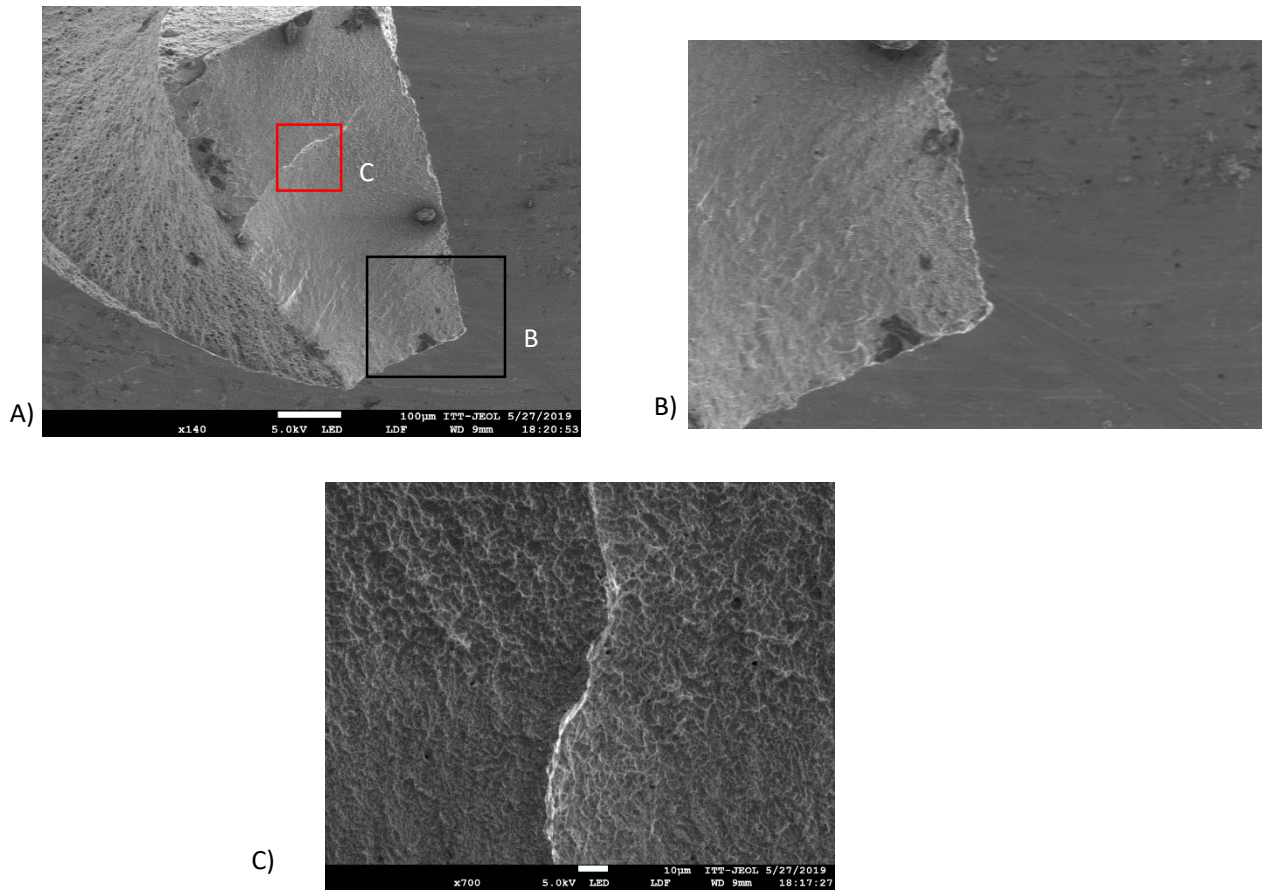


Figura 6. Micrografías de la superficie de fractura del sistema HyFlex EDM bajo el microscopio electrónico de barrido, A) 140x, B) 700x correspondiente al área B señalada, C) 700x correspondiente al área C señalada.

En la Figura 6, podemos apreciar la superficie de fractura del sistema HyFlex bajo microscopia electrónica de barrido (MEB), en donde se observan dos orígenes de fractura, B) podemos observar las marcas de bahía correspondientes al inicio de la fractura con una magnificación de 700x; C) se aprecia uno de los múltiples planos de fractura a una magnificación de 700x. En el área C), podemos apreciar hoyuelos por defecto de fábrica y el corte transgranular. Se puede inferir que el instrumento presenta fractura dúctil, por las continuas flexiones y extensiones que sufre durante la fatiga cíclica.

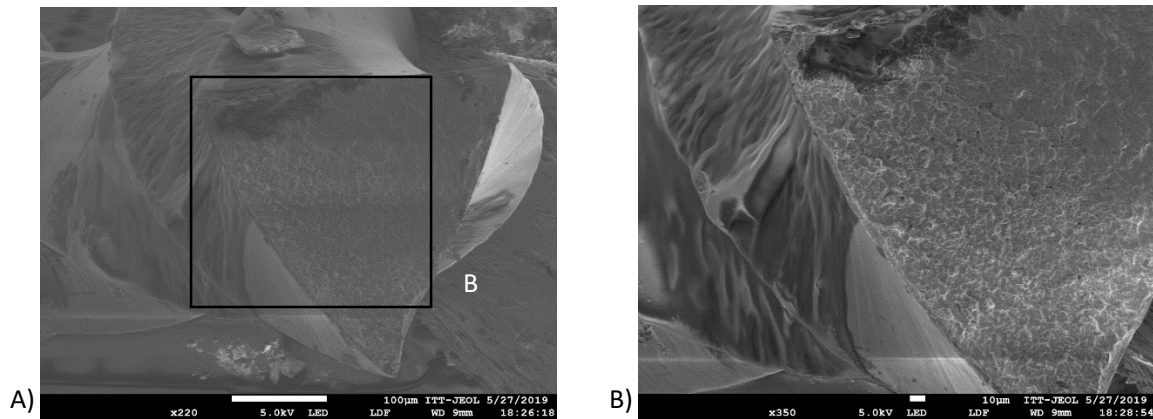


Figura 7. Micrografías de la superficie de fractura del sistema XP Endo Shaper bajo el microscopio electrónico de barrido, A) 220x, B) 350x correspondiente al área B señalada.

En la Figura 7, podemos apreciar la superficie de fractura del sistema XP Endo Shaper bajo microscopia electrónica de barrido (MEB), en donde se observa el origen de fractura, B) podemos observar las marcas de bahía correspondientes al inicio de la fractura con una magnificación de 350x, así como el corte transgranular. Se puede inferir que el instrumento presenta fractura dúctil, por las continuas flexiones y extensiones que sufre durante la fatiga cíclica.

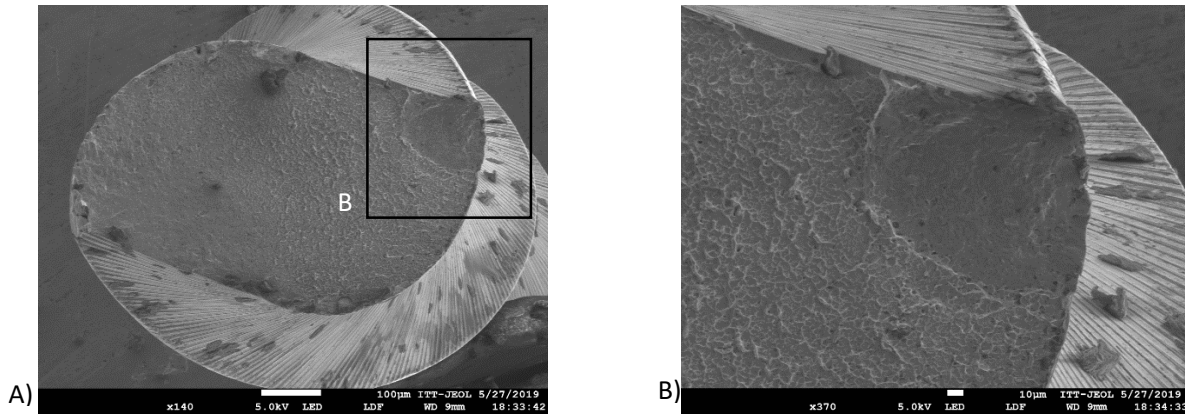


Figura 8. Micrografías de la superficie de fractura del sistema Reciproc Blue bajo el microscopio electrónico de barrido, A) 140x, B) 370x correspondiente al área B señalada.

En la Figura 8, podemos apreciar la superficie de fractura del sistema Reciproc Blue bajo microscopia electrónica de barrido (MEB), en donde se observa el origen de fractura, B) podemos observar las marcas de bahía correspondientes al inicio de la fractura con una magnificación de 370x, así como un plano de fractura y el corte transgranular. Se puede inferir que el instrumento presenta fractura dúctil, por las continuas flexiones y extensiones que sufre durante la fatiga cíclica.

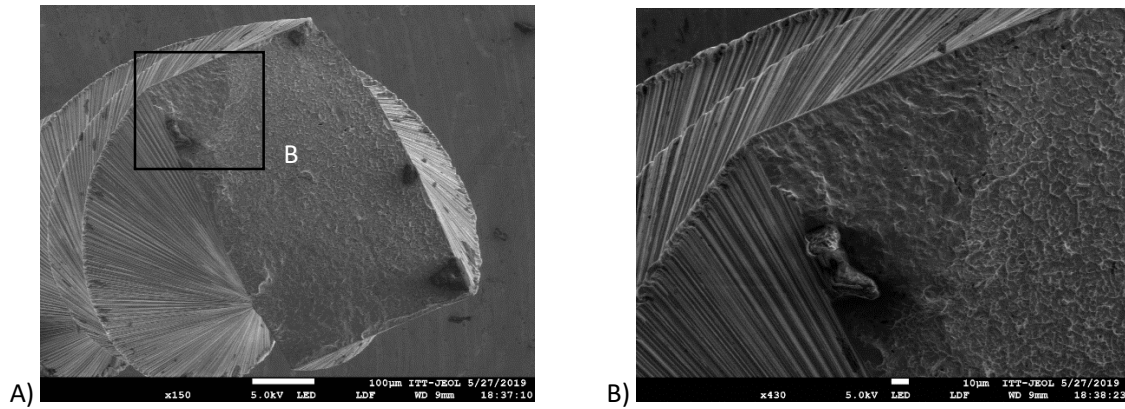


Figura 9. Micrografías de la superficie de fractura del sistema Wave One Gold bajo el microscopio electrónico de barrido, A) 150x, B) 430x correspondiente al área B señalada.

En la Figura 9, podemos apreciar la superficie de fractura del sistema Wave One Gold bajo microscopia electrónica de barrido (MEB), en donde se observa el origen de fractura, B) podemos observar las marcas de bahía correspondientes al inicio de la fractura con una magnificación de 430x, así como un plano de fractura y el corte transgranular. Se puede inferir que el instrumento presenta fractura dúctil, por las continuas flexiones y extensiones que sufre durante la fatiga cíclica.

Análisis estadístico

Se realizó una prueba de normalidad para determinar la homogeneidad de las varianzas, posteriormente se realizó la prueba Kruskal-Wallis para identificar diferencias entre las medias de los grupos. La significancia se fijó con un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS

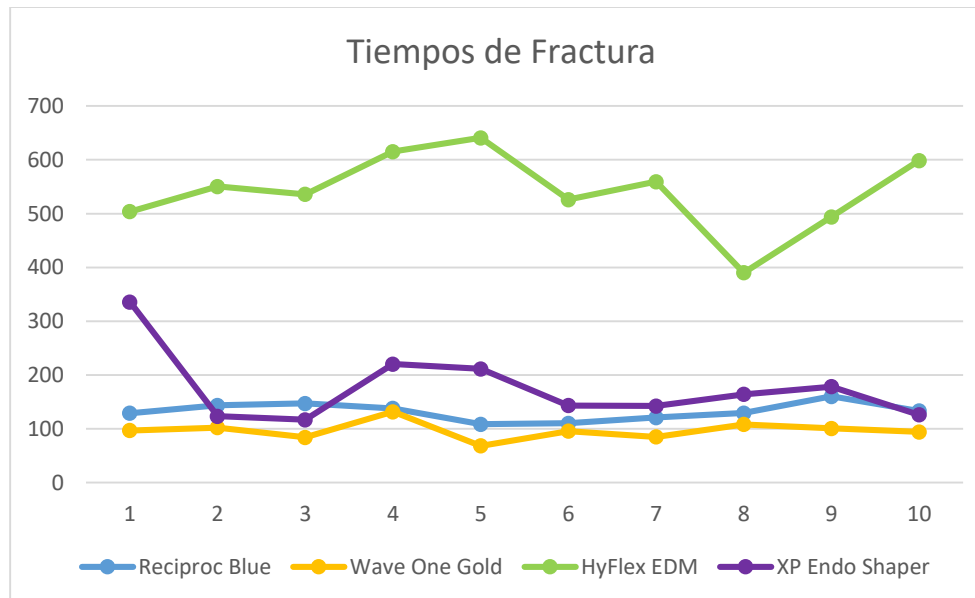
Tabla 1.

Tiempo a la fractura en segundos

Reciproc Blue	Wave One Gold	HyFlex EDM	XP Endo Shaper
129.21	97.11	503.67	335.9
143.72	102.48	550.51	123.42
147.28	84.19	535.79	116.95
138.04	131.66	615.43	220.51
108.67	68.46	640.97	211.56
110.28	95.88	526.04	143.48
120.97	85.18	559.37	142.34
129.25	108.34	390.28	164.1
160.44	100.79	494.09	178.5
133.14	94.37	598.68	126.05

PROMEDIO	132.1	96.846	541.483	176.281
----------	-------	--------	---------	---------

Gráfica 1.



En la gráfica 1, podemos observar el tiempo (seg) que tardó en fracturarse cada uno de los instrumentos, donde podemos apreciar un mejor desempeño del sistema HyFlex EDM, seguido del sistema XP Endo Shaper, Reciproc Blue y por último Wave One Gold.

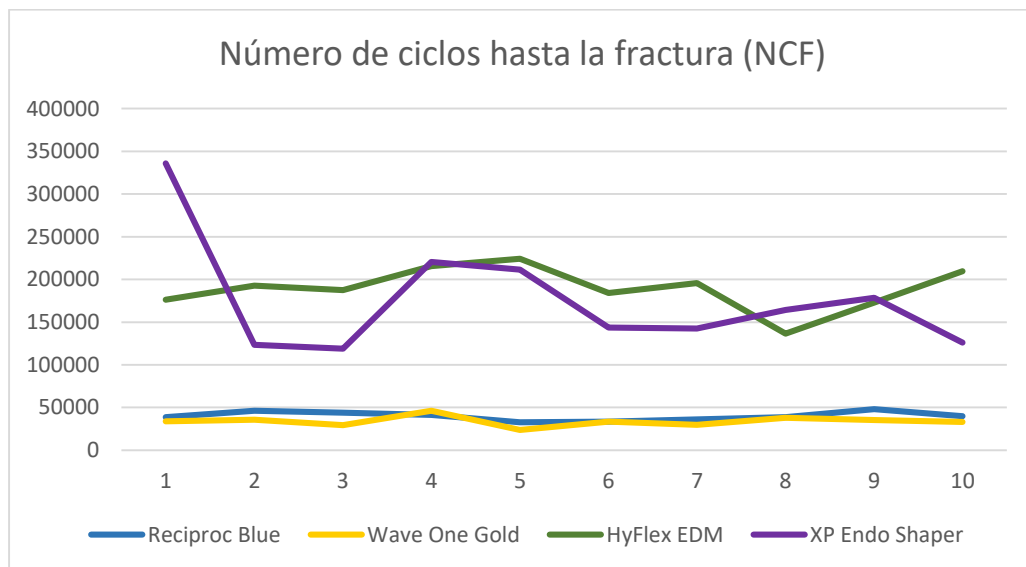
Tabla 2.

Numero de ciclos hasta la fractura (NCF)

Reciproc Blue	Wave One Gold	HyFlex EDM	XP Endo Shaper
38763	33988	176284	335900
46116	35868	192678	123420
44184	29466	187526	118950
41412	46081	215400	220510
32601	23961	224339	211560
33,384	33558	184114	143480
36291	29813	195779	142340
38775	37919	136598	164100
48132	35276	172931	178500
39942	33029	209538	126050

PROMEDIO	39960	33895.9	189518.7	176481
----------	-------	---------	----------	--------

Gráfica 2.



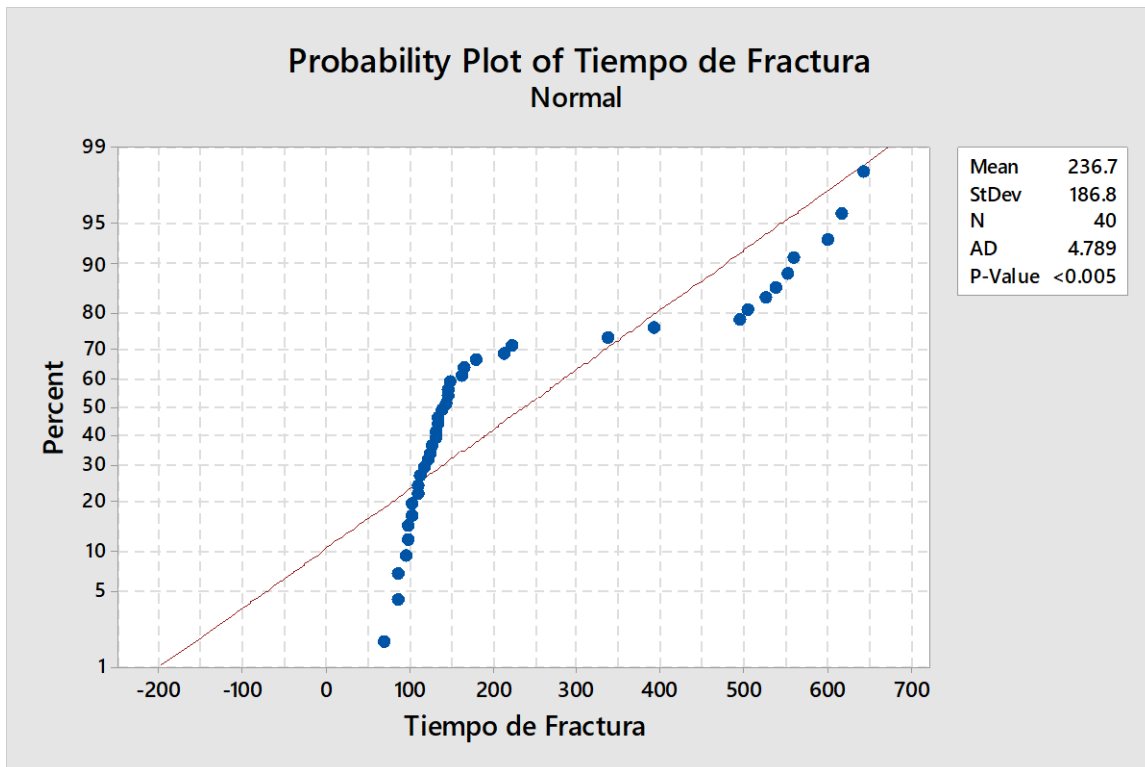
En la gráfica 2, se puede observar los datos de NCF para cada uno de los instrumentos, en el eje de las Y, se representa la cantidad de RPM, en este análisis, XP Endo Shaper fue el que mostró la más alta cantidad de NCF pero sólo en uno de los instrumentos, a diferencia de HyFlex que presentó un desempeño más constante, seguido de Reciproc Blue y Wave One Gold como el de menor desempeño.

Análisis Estadístico

Tiempo

En el análisis de normalidad, una vez introducidos los datos de tiempo hasta la fractura de cada instrumento, arrojaron un valor de p menor a 0.05, lo cual indica que la distribución de los grupos no es homogénea.

Gráfica 3.



Debido a la distribución no homogénea, se decidió realizar un análisis Kruskal-Wallis para determinar si cualquiera de las diferencias entre las medianas es estadísticamente significativa, se compara el valor p con el nivel de significancia para evaluar si la hipótesis nula es confirmada o no.

Tabla 3.

Kruskal-Wallis Test: Tiempo de Fractura versus Instrumento				
Descriptive Statistics				
Instrumento	N	Median	Mean Rank	Z-Value
HyFlex EDM	10	543.150	35.5	4.69
Reciproc Blue	10	131.195	17.8	-0.84
Wave One Gold	10	96.495	6.3	-4.44
XP Endo Shaper	10	153.790	22.4	0.59
Overall	40		20.5	
Test				
Null hypothesis		H ₀ : All medians are equal		
Alternative hypothesis		H ₁ : At least one median is different		
DF	H-Value	P-Value		
3	32.02	0.000		

En la tabla 3, podemos observar, que, el valor de p es de 0.000, lo que nos indica que se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medianas, por lo tanto, existe una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos.

Así mismo, se realizó un análisis de las medianas con la prueba de Mood, en la que se observa nuevamente que el valor de p es de 0.000, por lo que se rechaza la hipótesis nula de este estudio (Tabla 4).

Tabla 4.

Mood's Median Test: Tiempo de Fractura versus Instrumento

Descriptive Statistics

Instrumento	Median	N <= Overall Median	N > Overall Median	Q3 - Q1	95% Median CI
HyFlex EDM	543.150	0	10	101.592	(500.390, 604.414)
Reciproc Blue	131.195	7	3	26.313	(117.310, 144.939)
Wave One Gold	96.495	10	0	19.012	(84.8411, 104.486)
XP Endo Shaper	153.790	3	7	88.405	(125.150, 214.624)
Overall	140.190				

Test

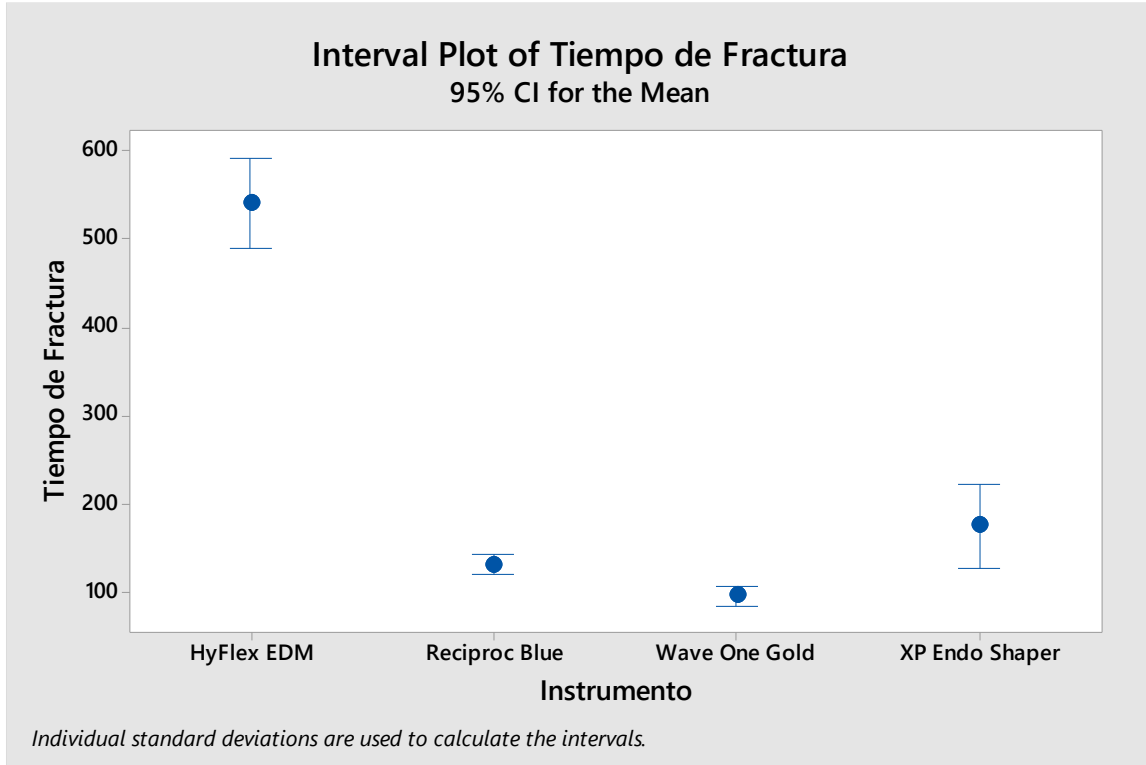
Null hypothesis	H ₀ : The population medians are all equal
Alternative hypothesis	H ₁ : The population medians are not all equal

DF	Chi-Square	P-Value
3	23.20	0.000

RESULTADOS

Usando el software Minitab, se ingresaron los datos obtenidos en la experimentación y se obtuvieron los siguientes resultados.

Gráfica 4.



En la gráfica 4 y 5, se muestra en el eje de las X los promedios para cada uno de los sistemas utilizados, y en el eje de las Y, se representa la cantidad en segundos, también, se muestran los rangos tanto mayor como menor para cada uno de ellos.

Gráfica 5.

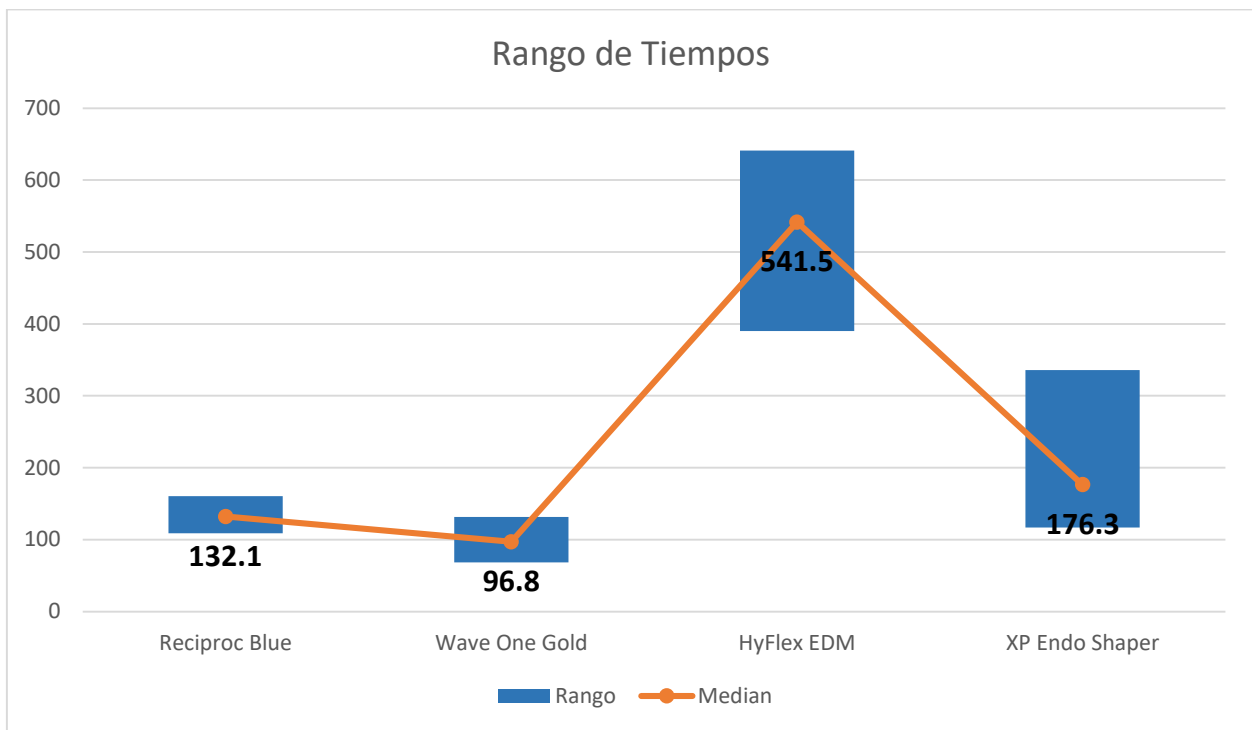


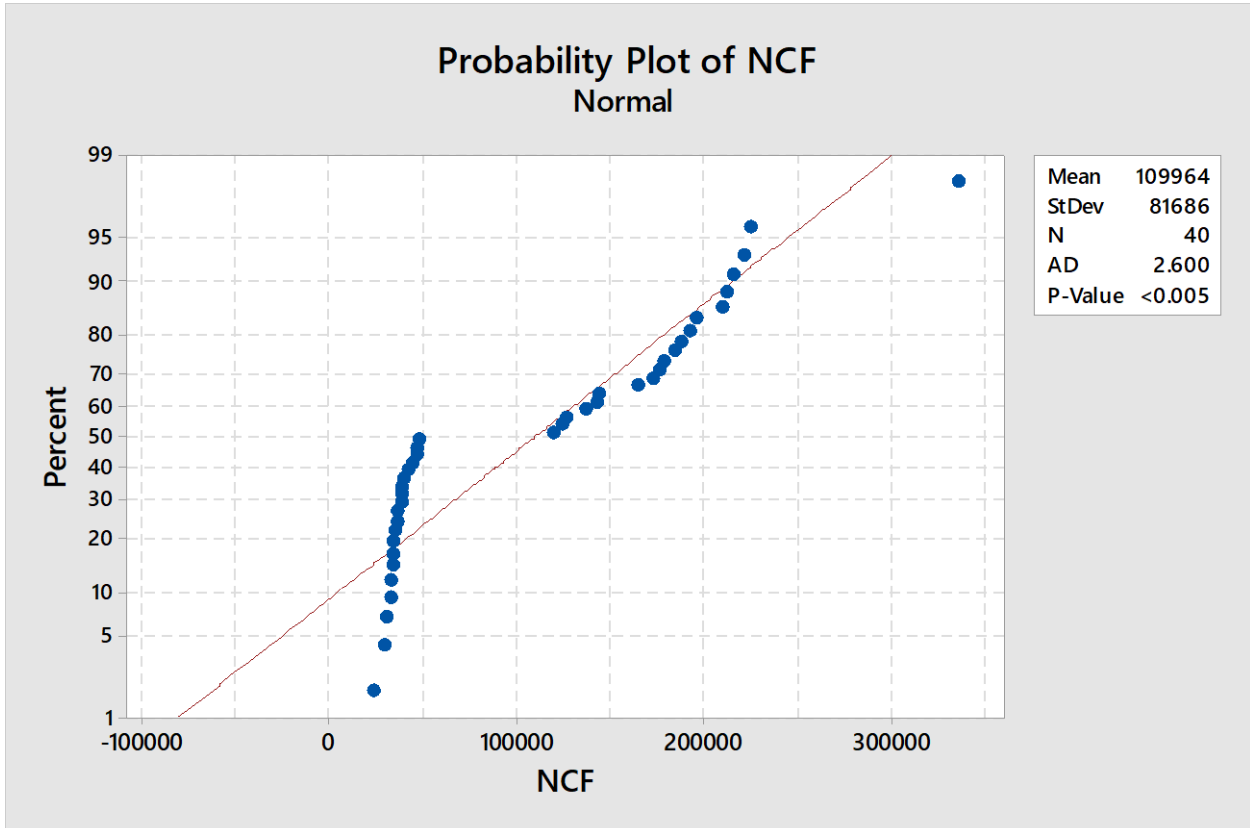
Tabla 5.

	Tiempo de Fractura Mean	Tiempo de Fractura StDev	Count
HyFlex EDM	541.5	71.37	10
Reciproc Blue	132.1	16.23	10
Wave One Gold	96.8	16.67	10
XP Endo Shaper	176.3	66.58	10
All	236.7	186.81	40

En la tabla 5, podemos observar el promedio del tiempo (seg) para cada uno de los sistemas, así como la desviación estándar para cada uno de ellos.

NCF

Se realizaron las mismas pruebas estadísticas, sustituyendo los valores del tiempo (seg), por los datos obtenidos calculando el NCF (Tiempo (seg) x rpm) de cada instrumento; obteniendo los siguientes datos.

Gráfica 6.

En la gráfica 6 se observa nuevamente que el valor de $p < 0.05$, por lo que nuevamente se realizó la prueba de Kruskal-Wallis.

Tabla 6.

Kruskal-Wallis Test: NCF versus Instrumento				
Descriptive Statistics				
Instrumento	N	Median	Mean Rank	Z-Value
HyFlex EDM	10	190102	32.2	3.65
Reciproc Blue	10	39359	13.5	-2.19
Wave One Gold	10	33773	7.5	-4.06
XP Endo Shaper	10	153790	28.8	2.59
Overall	40		20.5	
Test				
Null hypothesis		H ₀ : All medians are equal		
Alternative hypothesis		H ₁ : At least one median is different		
DF	H-Value	P-Value		
3	31.01	0.000		

En la tabla 6, nuevamente, se observa un valor de $p < 0.05$, por lo que se vuelve a descartar la hipótesis nula, y se procede a realizar la prueba de Mood.

Tabla 7.

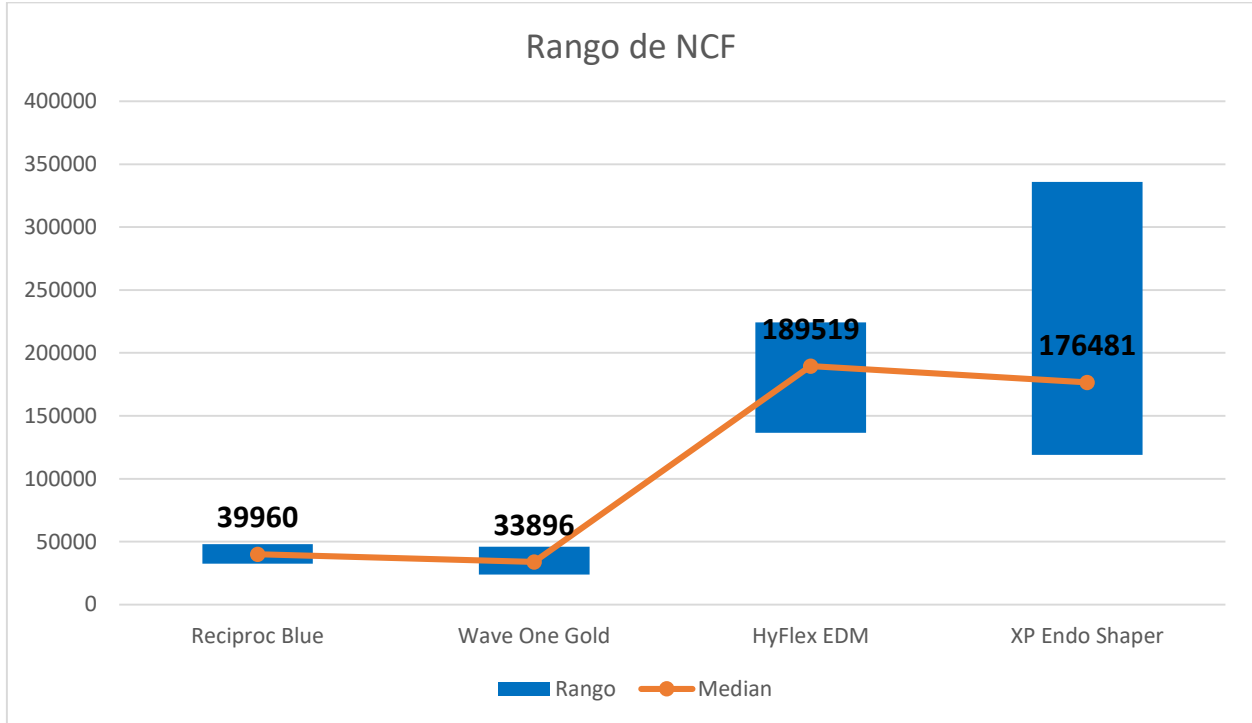
Mood's Median Test: NCF versus Instrumento					
Descriptive Statistics					
Instrumento	Median	N <= Overall Median	N > Overall Median	Q3 - Q1	95% Median CI
HyFlex EDM	190102	0	10	35557.8	(175136, 211545)
Reciproc Blue	39359	10	0	9102.8	(35295.8, 44845.4)
Wave One Gold	33773	10	0	6654.5	(29694.2, 36570.1)
XP Endo Shaper	153790	0	10	88405.0	(125150, 214624)
Overall	83541				
Test					
Null hypothesis		H ₀ : The population medians are all equal			
Alternative hypothesis		H ₁ : The population medians are not all equal			
DF	Chi-Square	P-Value			
3	40.00	0.000			

En la tabla 7, se observa de nuevo el valor de $p = 0.000$ por lo que queda rechazada la hipótesis nula.

RESULTADOS

Usando el software Minitab, se ingresaron los datos obtenidos en la experimentación y se obtuvieron los siguientes resultados.

Gráfica 7.



Donde se observa el promedio del NCF para cada sistema, así como el rango mayor y menor para cada uno de ellos.

En la tabla 8, podemos observar el promedio de NCF de cada sistema analizado, así como la desviación estándar para cada uno de los grupos.

Tabla 8.

Tabulated Statistics: Instrumento			
Rows: Instrumento			
	NCF Mean	NCF StDev	Count
HyFlex EDM	189519	24981	10
Reciproc Blue	39960	5146	10
Wave One Gold	33896	5834	10
XP Endo Shaper	176481	66386	10
All	109964	81686	40

DISCUSIÓN

En el presente estudio, se comparó la resistencia a la fatiga cíclica de 4 sistemas rotatorios de instrumento único: Reciproc Blue y Wave One Gold en movimiento reciprocante, y HyFlex EDM y XP Endo Shaper en movimiento continuo.

En 2012, Kim et al. ⁽¹⁸⁾, compararon la resistencia a la fatiga cíclica y torsional de dos sistemas rotatorios reciprocantes: Reciproc y Wave One (antecedentes de Reciproc Blue y Wave One Gold), utilizando como grupo control al sistema Protaper, con el fin de demostrar si el movimiento reciprocante podía influir en la resistencia de estos instrumentos a diferencia de los sistemas que trabajan mediante movimiento continuo. Obteniendo como resultado que Reciproc presentaba un NCF mayor que el sistema Wave One, sin embargo, Wave One demostró tener una mayor resistencia a la fática torsional. Con los resultados obtenidos en nuestra investigación, queda demostrado, que al menos con los sistemas elegidos a evaluar, no fue así, ya que tanto el tiempo transcurrido hasta la fractura, así como el NCF de los 4 sistemas, los dos sistemas que trabajan en movimiento continuo (HyFlex EDM y XP Endo Shaper) presentaron una mayor resistencia a la fatiga cíclica. Esto pudiera deberse al tipo de manufactura realizada sobre las limas HyFlex EDM las cuales son mecanizadas por descargas eléctricas, mientras que en caso de XP Endo Shaper presenta un tratamiento térmico especial durante su elaboración, además, el diseño del mismo instrumento (el cual es sumamente delgado), le permite girar más libremente dentro del canal artificial, lo que hace suponer que esto está directamente relacionado con el tiempo en que tarda en fracturarse.

En 2017, Gündogar et al. (8), realizaron una comparación de resistencia a la fatiga cíclica de 4 sistemas rotatorios: HyFlex EDM, Reciproc Blue, Wave One Gold y OneShape utilizados en un canal artificial de con 60° de curvatura y un radio de curvatura de 5 mm, dando como resultado que el sistema HyFlex EDM fue el sistema que presentó mayor resistencia a la fatiga cíclica, mientras que OneShape fue el sistema que presentó menor resistencia. Así mismo, Reciproc Blue fue mejor estadísticamente que Wave One Gold. En nuestro estudio, se presentaron

resultados muy similares, ya que HyFlex si demostró superioridad con respecto a Reciproc Blue y Wave One Gold, también, aunque no por mucha diferencia, Reciproc Blue también mostró una mayor resistencia que Wave One Gold, lo que implica que los resultados de ambos estudios presentan similitudes en cuanto a los resultados.

En el trabajo realizado en 2017 por Elnaghy et al. ⁽¹⁵⁾, analizaron la resistencia a la fatiga cíclica de 4 sistemas rotatorios que trabajan con movimiento continuo: XP Endo Shaper, Vortex Blue, HyFlex CM y iRace, dando como resultado que XP Endo Shaper, fue el sistema que presentó mayor resistencia a la fatiga cíclica. En nuestra investigación, XP Endo Shaper, se posiciona en segundo lugar de los 4 sistemas evaluados, detrás del sistema HyFlex EDM, que, a pesar de que es del mismo fabricante que HyFlex CM, este sistema está desarrollado con una técnica de manufactura diferente que está impresa en su nombre (EDM: Mecanizado por descarga eléctrica), lo cual le brinda características diferentes en cuanto a su resistencia y desempeño. De igual manera, se asume que el sistema XP Endo Shaper logra un mejor desempeño que Reciproc Blue y Wave One Gold, debido a la delgadez del instrumento, que le permite tener menos fricción con las paredes del canal artificial.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio nos indican que el sistema HyFlex EDM muestra una amplia diferencia con respecto a los sistemas, seguido por el sistema XP Endo Shaper y Reciproc Blue. Wave One Gold fue el sistema que presentó menor resistencia en cuanto al tiempo total hasta la fractura.

En el apartado del análisis del NCF de cada sistema, nuevamente HyFlex EDM presentó una puntuación mayor con respecto a los otros sistemas, sin embargo, en este análisis, XP Endo Shaper mostró un desempeño cercano al de HyFlex EDM, esto debido a la velocidad a la que trabaja este sistema, lo cual, compensa la diferencia del tiempo con la cantidad de rotaciones que se producen dentro de las pruebas de fatiga cíclica.

El análisis bajo el microscopio electrónico de barrido mostró que el tipo de fractura que sufrieron los instrumentos era de tipo dúctil (fatiga cíclica).

RECOMENDACIONES

Ya que en este estudio se evaluó solamente la resistencia a la fatiga cíclica de los sistemas Reciproc Blue, Wave One Gold, HyFlex EDM y XP Endo Shaper, se recomienda realizar una segunda investigación en la que se evalúen pruebas de fatiga torsional de los mismos, esto con el fin de determinar si en este apartado existe alguna diferencia con los resultados obtenidos en las pruebas de fatiga cíclica.

Así mismo, se recomienda que se realicen pruebas sobre diferentes sistemas con diferentes procesos de manufactura (Mecanizados por descarga eléctrica, tratamientos térmicos, diseño del mismo instrumento, etc.), y cómo es que esta diferencia, afecta el desempeño de cada instrumento al realizar pruebas de fatiga cíclica y torsional.

REFERENCIAS

1. Canalda Carlos BE. Endodoncia Tecnicas Clinicas y Bases Cientificas. Vol. 53. 2013. 309–324 p.
2. Estrela Carlos. Ciencia Endodóntica. 2005. 23–56 p.
3. Leonardo MR. Sistemas rotatorios en Endodoncia. 2002. 1 p.
4. Higuera O, Plotino G, Tocci L, Carrillo G, Gambarini G, Jaramillo DE. Cyclic fatigue resistance of 3 different nickel-titanium reciprocating instruments in artificial canals. J Endod [Internet]. 2015;41(6):913–5. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2015.01.023>
5. Milena S, Cárdenas P. A Theoretical Evaluation Flexural Strenght of three Instruments used in Endodontics through Finite Element Analysis. 2015;34(73).
6. Stephen Cohen, Kenneth Hargreaves. Vias de la pulpa. 2011. 88 p.
7. Ha J, Kim SK, Cohenca N. Effect of R-phase Heat Treatment on Torsional Resistance and Cyclic Fatigue Fracture. J Endod [Internet]. 2013;39(3):389–93. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2012.11.028>
8. Gündoğar M, Özyürek T. Cyclic Fatigue Resistance of OneShape, HyFlex EDM, WaveOne Gold, and Reciproc Blue Nickel-titanium Instruments. J Endod. 2017;43(7):1192–6.
9. Savio F Lo, Boninelli S, Plotino G, Grande NM, Rapisarda E. Influence of cyclic torsional preloading on cyclic fatigue resistance of nickel – titanium instruments. 2014;1–8.
10. Izquierdo D. Daniel Izquierdo Camacho Andrea Ponce Bueno , Dra ., Directora de Tesis. Estudio comparativo in vitro de residuos extruidos apicalmente utilizando sistemas de lima unica con y sin Glide Path previo.

REFERENCIAS

11. Arias A, Perez-higueras JJ. Differences in Cyclic Fatigue Resistance at Apical and Coronal Levels of Reciproc and WaveOne New Files. 2012;38(9):1244–8.
12. 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. 2006;755–63.
13. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL. Cyclic Fatigue Testing of Nickel-Titanium Endodontic Instruments. 1997;23(2).
14. Gambarini G, Rubini AG, Sudani D Al, Gergi R, Culla A, Angelis F De, et al. Influence of Different Angles of Reciprocation on the Cyclic Fatigue of Nickel-Titanium Endodontic Instruments. J Endod [Internet]. 2012;38(10):1408–11. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2012.05.019>
15. Elnaghy A, Elsaka S. Cyclic fatigue resistance of XP-endo Shaper compared with different nickel-titanium alloy instruments. Clin Oral Investig. 2017;1–5.
16. Investigación ADE. Remoción dentinaria con instrumentos de acción recíproca más instrumentación manual en conductos radiculares ovalados. 2015;72(1):26–32.
17. De-deus G, Talarico V, Vieira L, Lopes H, Elias CN, Jo E, et al. Bending Resistance and Dynamic and Static Cyclic Fatigue Life of Reciproc and WaveOne Large Instruments. 2014;40(4):575–9.
18. Waveone RV, Kim H, Kwak S. Cyclic Fatigue and Torsional Resistance of Two New Nickel-Titanium Instruments Used in Reciprocation Motion : J Endod [Internet]. 2012;38(4):541–4. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2011.11.014>
19. Yared G. Canal preparation using one reciprocating instrument without prior hand filing : A new concept. 2001;2(2).
20. Arunachalam SR, Galyon Dorman SE, Buckley RT, Conrad NA, Fawaz SA. Effect of electrical discharge machining on corrosion and corrosion fatigue behavior

of aluminum alloys. Int J Fatigue [Internet]. 2018;111(October 2017):44–53. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2018.02.005>

21. Comercial. Coltene. <https://www.coltene.com/pim/DOC/BRO/docbro6849-03-18-es-hyflex-cm-edm-a4sesaindv1.pdf>.

22. Özyürek T, Gündoğar M, Uslu G, Yılmaz K, Staffoli S, Nm G. Cyclic fatigue resistances of Hyflex EDM , WaveOne gold , Reciproc blue and 2shape NiTi rotary files in different artificial canals. Odontology [Internet]. 2018;1–6. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10266-018-0340-y>

23. Yared G. Reciproc blue: la nuova generazione della reciprocazione. G Ital Endod [Internet]. 2017;31(2):96–101. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gien.2017.09.003>

24. Webber AJ, Machtou DP, Pertot W, Kuttler DS, Ruddie C, West J. The WaveOne single-file reciprocating system. 2011;28–33.

25. Bürklein S, Hinschitza K, Dammaschke T, Schäfer E. Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. Int Endod J. 2012;45(5):449–61.