

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
PROGRAMA DE ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA



**COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DE
SISTEMAS ROTATORIOS E3 AZURE Y HYFLEX CM**

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

PRESENTA

C.D. JOSÉ PABLO GARCÍA LÓPEZ

PRESIDENTE

DR. JULIO CESAR GARCÍA BRIONES

SINODAL

M.C. LUIS HERNAN CARRILLO VÁRGUEZ

SINODAL

DRA. DULCE YICEL MAGAÑA MANCILLAS

SINODAL

DR. LEONARDO DANIEL ACOSTA TORRES VERY

TIJUANA, BAJA CALIFORNIA; MÉXICO

JUNIO 2023

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA
"2023, año de la concienciación sobre las personas con trastorno del espectro autista"

Tijuana, Baja California a, 7 de junio de 2023

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DE SISTEMAS ROTATORIOS E3 AZURE Y HYFLEX CM.**

Propuesto por el C.D. JOSÉ PABLO GARCÍA LÓPEZ, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

ATENTAMENTE
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER"


DR. JULIO CESAR GARCÍA BRIONES
PRESIDENTE

Cop.- Archivo.

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA
"2023, año de la concienciación sobre las personas con trastorno del espectro autista"

Tijuana, Baja California a, 7 de junio de 2023

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DE SISTEMAS ROTATORIOS E3 AZURE Y HYFLEX CM.**

Propuesto por el C.D. JOSÉ PABLO GARCÍA LÓPEZ, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

ATENTAMENTE
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER"



MC LUIS HERNÁN CARRILLO VÁRGUEZ
SINODAL

Cco.- Archivo.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**
"2023, año de la concienciación sobre las personas con trastorno del espectro autista"

Tijuana, Baja California a, 7 de junio de 2023

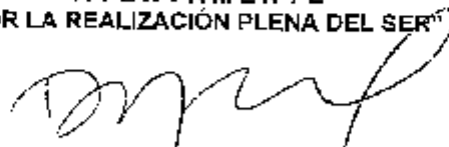
AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DE SISTEMAS ROTATORIOS ES AZURE Y HYFLEX CM.**

Propuesto por el C.D. JOSÉ PABLO GARCÍA LÓPEZ, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

ATENTAMENTE
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER"



DRA. DULCE YICEL MAGAÑA MANCILLAS
SINODAL

Cop. - Archivo.

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA
"2023, año de la conciliación sobre las personas con trastorno del espectro autista"

Tijuana, Baja California a, 7 de Junio de 2023

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DE SISTEMAS ROTATORIOS ES AZURE Y HYFLEX CM.**

Propuesto por el C.D. JOSÉ PABLO GARCÍA LÓPEZ, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

ATENTAMENTE
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER"



DR. LEONARDO DANIEL ACOSTA TORRES VERRY
SINODAL

Ccp.- Archivo.

**COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA
CÍCLICA DE SISTEMAS ROTATORIOS E3 AZURE Y
HYFLEX CM**

PRESENTA

C.D. JOSÉ PABLO GARCIA LÓPEZ

PRESIDENTE

DR. JULIO CESAR GARCÍA BRIONES

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

DR. LUIS HERNÁN CARRILO VÁRGUEZ

DRA. DULCE YICEL MAGAÑA
MANCILLAS

DR. LEONARDO DANIEL ACOSTA TORRES VERY

Tijuana, Baja California, 12 de Junio de 2023

AGRADECIMIENTOS.

Quiero expresar mis más profundos agradecimientos a mi coordinadora la Dra. Ana Gabriela Carrillo Vázquez por todo el apoyo que siempre tuvo hacia nosotros como generación, al Dr. Julio César García Briones director de este proyecto, por motivarme a tomar esta especialidad y por su amistad. Agradezco sinceramente a todos mis maestros de la especialidad, a la Dra. Dulce Magaña, al Dr. Luis Hernán Vázquez por todo su apoyo y consejos en esta especialidad y por el apoyo a esta investigación. Agradezco también de manera infinita el apoyo de mi familia, de mi madre, de mi hermano Omar, de mi hermana Wendy porque también son parte fundamental de este proyecto, también agradezco al Dr. Juan Carlos Aviña por motivarme desde la licenciatura a ser mejor profesionista y en todo momento durante el posgrado.

Agradezco al Dr. Carlos Muñoz por la facilidad de realizar la experimentación en su centro de trabajo en las instalaciones de Kerr en Orange, California. Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo otorgado durante la estancia en el posgrado.

Por todo su apoyo. ¡GRACIAS!

José Pablo García López

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.	I
INDICE DE FIGURAS	IV
LISTA DE ABREVIATURAS	V
NITI	V
NICKEL TITANIO	V
MC	V
MR	V
RPM	V
I. RESUMEN	1
II.INTRODUCCIÓN	2
2.2.1 LA ENDODONCIA	2
2.2.2 INSTRUMENTACIÓN	3
2.2.3 FATIGA CÍCLICA	6
2.2.4 FASES METALURGICAS	7
2.2.5 ESTERILIZACIÓN	10
2.2.6 MOVIMIENTO RECIPROCANTE Y CONTINUO	12
2.2.7 LIMAS ROTATORIAS HYFLEX CM	14
2.2.8 E3 AZURE ENDOSTAR	15
III.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
IV. JUSTIFICACIÓN	18

CONTENIDO

V. HIPÓTESIS.....	19
5.1. HIPÓTESIS NULA	19
5.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA.....	19
VI.OBJETIVOS.	20
6.1. OBJETIVO GENERAL	20
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
VII.VARIABLES.....	21
7.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.....	21
7.2. VARIABLES DEPENDIENTES	21
7.3. OPERACIÓN DE VARIABLES	21
MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
8.1. TIPO DE ESTUDIO.....	22
8.2. UNIVERSO DE ESTUDIO	22
8.3. MATERIALES E INSTRUMENTAL.....	22
8.4. METODOLOGÍA	23
8.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	31
IX. RESULTADOS.....	33
X.DISCUSIÓN.....	40
CONCLUSIONES.	42
XII.RECOMENDACIONES.	43
XIII.BIBLIOGRAFÍA.....	44

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. sellado tridimensional del sistema de conductos; **Error! Marcador no definido.**

Figura 2 Limas manuales 15-40 primera serie K-Flex Kerr endodontics. **Error! Marcador no definido.**

Figura 3 Set de limas rotatorias de NiTi Hyflex CM. **Error! Marcador no definido.**

Figura 4 Lima rotatoria de NiTi Hyflex Cm 30/04 Coltene; **Error! Marcador no definido.**

Figura 5 Kit de limas rotatorias NiTi basic E3 Azure de Endostar; **Error! Marcador no definido.**

Figura 6 Kit de instrumentos rotatorios E3 Azure Basic..... 16

Figura 7 Fotografía con microscopio dental Ecleris a 2.6 de aumento.....24

Figura 8 Empaquetado de Limas NiTi.....25

Figura 9 endomotor, bloque de acero y cronometro.....27

Figura 10 Bloque de plexiglass.....28

Figura 11 Instrumentos rotatorios Hyflex CM, Endoring y bolsas para esterilizar...29

Figura 12 Motor Endodóntico PROMARK Dentsply.....30

Figura 13 Tabla de diferencia significativa.....31

Figura 14 Comparaciones múltiples de grupo de estudio.....32

Figura 15 Resultado del tiempo de la fractura Hyflex CM y E3Azure.....33

Figura 16 Resultado tiempo de la fractura E3Azur.....34

Figura 17 Gráfica del tiempo a la fractura cajas y bigotes.....36

Figura 18 Gráfica del tiempo a la fractura37

Figura 19 Gráfica del tiempo a la fractura cajas y bigotes38

Figura 20 Gráfica del tiempo a la fractura.....39

LISTA DE ABREVIATURAS

LISTA DE ABREVIATURAS

NiTi	NICKEL TITANIO
MC	MOVIMIENTO CONTINUO
MR	MOVIMIENTO ROTATORIO
RPM	REVOLUCIONES POR MINUTO
MM	MILÍMETROS

I. RESUMEN

La endodoncia es la rama de la odontología que se encarga de tratar y prevenir las enfermedades de la pulpa dental, durante el procedimiento es muy importante la conformación del conducto radicular, esta conformación es lograda gracias a los diferentes instrumentos rotatorios que existen en el mercado, durante el procedimiento de instrumentación puede haber accidentes como la fractura del instrumento rotatorio dentro del conducto radicular, causado por la fatiga cíclica la cual se puede dar de manera de flexión o torsional. El objetivo de este estudio fue comparar los siguientes sistemas de limas. Hyflex CM de Coltene y E3 Azure de Endostar y evaluar su resistencia a la fatiga cíclica, se evaluó la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos Hyflex CM y E3 Azure de Endostar. Se realizó el estudio de fatiga cíclica en las instalaciones de la empresa Kerr, 1717 W. Collins AVE. Orange, CA, se utilizó una brazo estático donde se posicionó el contrángulo del motor PRO MARK Dentsply y se utilizó un cubo metálico simulando un conducto curvo de 60 grados de angulación, se introdujeron las limas a una longitud de trabajo (20 mm.) empleando un torque y velocidad referenciadas por las casas comerciales de cada una. Se cronometró el tiempo de la fractura de la lima, una vez obtenido el tiempo de la fractura de las limas rotatorias en segundos, se continuo a realizar el análisis estadístico. Se utilizó el software SPSS versión 29 para realizar la prueba Kruskal Wallis con prueba post hoc U de Mann Whitney para comparaciones múltiples donde existe diferencia estadísticamente significativa entre los siguientes grupos de estudio $p < 0$ (.05). Concluyendo que E3 azure de Endostar es más resistente a la fatiga cíclica que Hyflex CM de coltene.

II.INTRODUCCIÓN

2.2.1 LA ENDODONCIA

La endodoncia es la especialidad de la odontología que tiene como objetivo la debridación, conformación, desinfección y obturación de los conductos radiculares, así como el tratamiento y prevención de las enfermedades periapicales.

La endodoncia ha evolucionado y cambiado a lo largo de los años como muchas otras especialidades dentales y médicas. Se compone principalmente del tratamiento del conducto radicular que implica la preparación de la cavidad de acceso seguida de limpieza y conformación del conducto radicular y finalmente un sello tridimensional (figura 1) de ese espacio pulpar preparado (1)



Figura 1 sellado tridimensional del sistema de conductos

Obturación tridimensional con gutapercha del sistema de conducto radicular después de la conformación e instrumentación de un primer molar inferior.(2)

II. INTRODUCCIÓN

2.2.2 INSTRUMENTOS EMPLEADOS EN LA CONFORMACIÓN DEL CONDUCTO RADICULAR.

2.2.1 INSTRUMENTOS MANUALES

Los instrumentos empleados para la conformación del conducto radicular juegan un papel importante en la contribución para alcanzar el éxito. Anteriormente, la instrumentación del conducto radicular fue realizado por instrumentos de aleación de acero de carbono que fueron reemplazados por instrumentos de acero inoxidable debido a su desventaja de poder oxidarse. Los instrumentos de acero inoxidable (figura 2) en uso clínico también mostraron desventajas en forma de errores en la conformación en los conductos radiculares como perforaciones, cremalleras o salientes que alteran la anatomía natural del conducto radicular. Estos errores disminuyeron potencialmente el éxito del tratamiento de conducto (1)



Figura 2 Limas manuales 15-40 primera serie K-Flex Kerr endodontics.

Limas manuales tipo k-flex utilizadas para la instrumentación manual conformadas principalmente de acero inoxidable (3).

II. INTRODUCCIÓN

2.2.2 INSTRUMENTACIÓN ROTATORIA

A lo largo de los años, se han desarrollado una serie de técnicas descritas para obtener una preparación cónica, en su mayoría utilizando instrumentos manuales convencionales de acero inoxidable. Aunque se han propuesto diferentes diseños y procedimientos mecánicos, todos han sufrido de problemas intrínsecos, principalmente atribuidos a la rigidez intrínseca de instrumentos convencionales de acero inoxidable, como cremalleras, repisas, perforación, transporte de conductos e instrumentos rotos, especialmente en conductos severamente curvos (2)

Los materiales extruidos hacia los tejidos apicales en la clínica son los responsables de la inflamación y del dolor posoperatorio, incluso en dientes instrumentados cerca del foramen. Aunque la extrusión de desechos es un problema en prácticamente de todas las técnicas de instrumentación, la cantidad de desechos extruidos apicalmente puede variar según la técnica utilizada. Estudios previos han demostrado que las técnicas que involucran un movimiento de empuje de la lima generalmente crean una mayor masa de escombros que aquellos que involucran algún tipo de rotación. Esto ha llevado a la hipótesis de que los instrumentos rotatorios (figura3) accionados por motor producen menos extrusión de residuos que las técnicas de limado manual, porque tienen una tendencia a tirar los desechos en las estrías del instrumento, lo que lleva a sacarlos del conducto radicular en dirección coronal (4-6) .



Figura 3 Limas manuales 15-40 primera serie K-Flex Kerr endodontics.

Set de limas HyFlex CM de NiTi seriadas 0.04 de primera serie para conductos curvos (7) .

II. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la instrumentación rotatoria de níquel-titanio (NiTi) en la última década ha modificado la preparación del conducto radicular. Las limas endodónticas de NiTi tienen una notable capacidad para dar forma a los conductos radiculares. La característica de las aleaciones de NiTi es que pueden alterar su estado cristalino y les confiere flexibilidad, superplasticidad, alta resistencia, excelente eficiencia de corte, capacidad de modelado y resistencia a la fatiga son características peculiares de las limas endodónticas de NiTi (8) .

En consecuencia, los instrumentos de NiTi han ganado una rápida aceptación entre los endodoncistas, lo que sugiere que superan a los instrumentos manuales de acero inoxidable en la mayoría de los parámetros relacionados con el éxito del tratamiento del conducto radicular. Sin embargo, la evidencia disponible sobre este tema no ha sido evaluada sistemáticamente hasta la fecha (8) .

La introducción de los instrumentos NiTi se ha beneficiado en la práctica de endodoncia al permitir una combinación de velocidad, calidad, precisión y reducción del riesgo durante la fase vital de la preparación quimiomecánica del conducto radicular (9)

Varias ventajas de los instrumentos NiTi sobre los instrumentos manuales de acero inoxidable utilizados anteriormente están documentados en la literatura. El uso de instrumentos de NiTi mejora la tasa de éxito del tratamiento del conducto radicular en comparación con instrumentos manuales de acero inoxidable (9).

Sin embargo, a pesar de sus importantes ventajas, los instrumentos de NiTi tienen un alto riesgo de fractura durante el uso que podría comprometer el pronóstico del diente(9).

II. INTRODUCCIÓN

Existe evidencia experimental que el uso de instrumentos NiTi, comparado con los instrumentos tipo K de acero inoxidable, producen una mejor instrumentación sin alterar de forma significativa la situación original del conducto radicular evitando la transportación de este y con menos errores de conformación. Sin embargo, estudios In Vitro sugieren que los instrumentos rotatorios de NiTi se fracturan más a menudo que los de acero inoxidable(10)

Los instrumentos rotatorios de NiTi pueden presentar un mayor riesgo de fractura intraoperatoria dentro del conducto radicular, la fractura puede ocurrir debido a una falla torsional o fatiga cíclica (11).

2.2.3 FATIGA CÍCLICA

La fractura por fatiga cíclica se produce a partir de un incremento en la propagación de grietas causada por esfuerzos repetidos de tracción y compresión cuando la lima se coloca en un canal curvo. La fatiga cíclica parece ser la causa más frecuente de roturas "inesperadas" del instrumento rotatorio (11) .

Por otra parte, la fractura torsional ocurre cuando la punta del instrumento queda enganchada dentro del conducto radicular mientras el contrángulo, que sujeta el vástago, sigue girando (Sattapan et al. 2000, Cheung 2007, Kim et al. 2012, Ha et al. 2013). De este modo el límite elástico del instrumento es sobrepasado, resultando una deformación plástica, y consecuentemente la fractura del instrumento rotatorio (12)

Varios factores influyen en la fractura de las limas rotatorias, como el tamaño, forma de la sección transversal, el diseño, tratamiento térmico del metal y las propiedades metalúrgicas de los instrumentos. Una de las variables más importante que involucra la fractura del instrumento es el radio de la curvatura. Esta variable anatómica juega un rol crucial especialmente en las curvaturas en forma de S (11).

II. INTRODUCCIÓN

Otro parámetro es la inclinación de inserción de la lima en el conducto radicular; esto depende de la configuración anatómica del acceso y de las habilidades del clínico en particular para una odontología y endodoncia no invasiva.

Las recientes cavidades endodónticas podrían estar asociadas con la excesiva inclinación de los instrumentos de NiTi (11) .

Se puede evitar la sobrecarga torsional limitando el torque máximo aplicado al instrumento y controlando la fuerza apical utilizada por el clínico (13,14) .

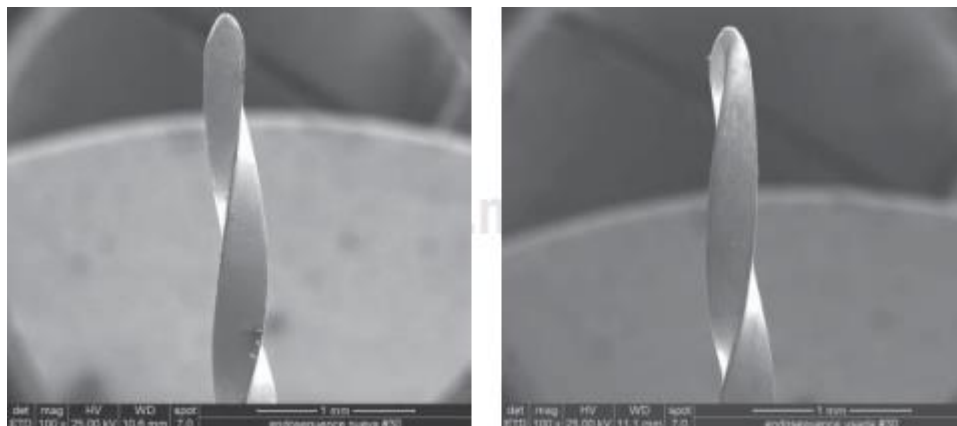


Figura 4 Microfotografía de la punta de instrumentos Endosequence

Variación en estructura y punta de limas rotatorias Endosequence. La lima usada mostró un mayor desgaste en su punta y, en menor medida, a lo largo de su estructura.

2.2.4 FASES METALURGICAS

Las limas rotatorias están hechas de NiTi superelástico, una aleación que debe sus propiedades poco comunes a una transición de fase reversible de primer orden: la transformación martensítica. Las propiedades de NiTi dependen en gran medida de su composición química e historia termomecánica. Fue mostrado que el uso de limas rotatorias de NiTi mejoró la calidad de la conformación del conducto y por lo tanto la tasa de éxito del tratamiento, pero los instrumentos todavía tienen sus limitaciones: ocasionalmente pueden romperse dentro del conducto radicular. Este fracaso puede poner en peligro el éxito del tratamiento y puede ser causado por dos mecanismos, debido a la flexión rotatoria en un conducto radicular curvo, o fractura por sobrecarga torsional, que se produce principalmente cuando la lima se traba en las paredes del conducto (15) .

En 1975, Civjan y colaboradores sugirieron que la aleación NiTi poseía propiedades que se acercaban a las requeridas para los instrumentos de endodoncia. Ello dió lugar a la creación de sistemas rotatorios que usaban instrumentos fabricados con este tipo de aleación equiatómica. La aleación otorga a los instrumentos propiedades de memoria de forma, menor módulo de elasticidad y resistencia a la fractura por torsión cuando se comparan con las limas manuales de acero inoxidable. A pesar de este importante avance en el material de los instrumentos endodónticos, en la clínica estos instrumentos se fracturan sin encontrarse alteraciones visibles cerca del punto de fractura que indique al operador el riesgo de su uso (16).

II. INTRODUCCIÓN

La aleación de NiTi presenta tres fases cristalográficas, la fase matriz austenita, martensita. La fase matriz austenita de alta temperatura, presenta una estructura organizada la cual produce cambios en sus características mecánicas y cristalográfica ser sometida a diferentes intervalos de temperatura y tensión, esto permite al instrumento tener alta elasticidad y flexibilidad. La fase martensita es de baja temperatura, más flexible que la austenita, la cual reduce el riesgo de fractura cuando se produce una alta tensión ya que puede ser deformada plásticamente sin romperse. La transformación pre- martensítica se denomina fase R, su estructura cristalográfica es romboédrica tiene efecto de memoria de forma y superelasticidad(17).

La presencia de esta última fase es considerada por algunos autores como la principal razón para incrementar la flexibilidad de los instrumentos de NiTi sobre los tradicionales de acero inoxidable (18) .

A pesar de las ventajas de los instrumentos de NiTi, la posibilidad de la separación de un instrumento es común y es la mayor preocupación durante el uso clínico de las limas de NiTi. Posibles estrategias para incrementar la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos rotatorios de NiTi incluye, por ejemplo, el tratamiento térmico fase R (18) .

El tratamiento térmico fase R es un tratamiento térmico especial que provee instrumentos con mayor flexibilidad e incremento a la resistencia a la fatiga cíclica que las limas manufacturadas con la tradicional aleación NiTi (18) .

II. INTRODUCCIÓN

Estos instrumentos tienen una fase austenítica a temperaturas más altas y, al enfriarse o aplicar esfuerzos, pueden transformarse en la fase martensítica. Esta transición de fase permite una mayor flexibilidad. Las temperaturas de la fase de transición de las limas pueden diferir según las aleaciones y los tratamientos térmicos utilizados para el procesamiento (19–21) .

Clínicamente, este calentamiento puede hacer que la lima de NiTi pase a la fase de austenita más rígida. Esto puede hacer que la lima sea más susceptible a la propagación de grietas por fatiga en comparación con una lima de NiTi predominantemente en la fase de martensita (19–21)

2.2.5 EFECTOS DE LA ESTERILIZACION EN LOS INSTRUMENTOS NITI

Las casas fabricantes recomiendan la esterilización de los instrumentos endodónticos antes de ser utilizados y también se sugiere que estos instrumentos sean de un solo uso.

La esterilización es la eliminación de todos los microorganismos en la superficie de los instrumentos rotatorios, el medio principal por el cual se esterilizan es el autoclave, el cual consta de calor húmedo, alcanzado temperaturas de hasta 121 grados Celsius y con condiciones de presión durante 40 minutos.

Sin embargo, la posibilidad de una separación de instrumentos sigue siendo una preocupación importante, durante el uso clínico de las limas de NiTi. Se informa que la falla por fatiga cíclica ocurre inesperadamente sin ningún signo de deformación

II. INTRODUCCIÓN

plástica permanente previa. Esto ocurre como resultado de ciclos alternos de tensión-compresión, que se generan en el punto de flexión máxima de un instrumento cuando se gira en un canal curvo (22) .

Muchas variables que pueden influir en la resistencia a la fractura por fatiga cíclica de las limas rotatorias de NiTi han sido investigadas, tales como velocidad operativa, diseño de los instrumentos, metal tratamientos superficiales y efecto de la solución de irrigación (22) .

Se ha sugerido que la memoria de forma y las propiedades superelásticas de NiTi son fuertemente dependiente del historial de procesamiento termomecánico de la fabricación del producto y en consecuencia se ha informado que el tratamiento térmico adicional de los instrumentos de NiTi durante la esterilización en autoclave pueden aumentar su flexibilidad (22) .

Informes similares de condiciones de autoclave que mejoran o degradan tanto el rendimiento como las propiedades físicas de varios sistemas rotatorios de NiTi comercializados se han observado (23) .

Algunos autores reportaron que la esterilización por calor infiere al aumentar el número de rotaciones hasta la rotura de los instrumentos rotatorios de NiTi, mientras que otros mostraron que no tuvo un efecto consistente o significativo. Algunos investigadores descubrieron que la esterilización por calor conduce a una reducción de la eficiencia de corte de las limas de NiTi (24) .

Se han introducido tratamientos a varias temperaturas. El tratamiento térmico de los instrumentos de NiTi pueden inducir cambios en la transformación y el comportamiento de la aleación metálica, que proporciona mayor resistencia a la fatiga, flexibilidad y eficiencia de corte en comparación con limas superelásticas

II. INTRODUCCIÓN

tradicionales de NiTi y acero inoxidable. Estas propiedades físicas mejoradas del tratamiento térmico de las limas de endodoncia pueden permitir una preparación más eficiente del conducto, al facilitar la instrumentación en conductos curvos y manteniendo la lima en el centro del espacio del conducto radicular (25,26) .

2.2.6 MOVIMIENTO RECIPROCANTE Y CONTINUO

El movimiento rotatorio de los instrumentos endodónticos es aquel en donde la lima gira en una sola dirección en sentido de las manecillas del reloj. La velocidad de rotación a la que se deben accionar los instrumentos rotatorios de NiTi es variable, Idealmente, los instrumentos rotatorios deben usarse a un ritmo que minimiza la incidencia de fracturas mientras mantiene la eficiencia (27).

El movimiento recíprocante se usa para dar forma a el conducto radicular en dirección de corte en el sentido de las agujas del reloj y dirección de liberación en el sentido contrario a las agujas del reloj (28).

De acuerdo con los resultados del estudio de Gianluca Plotino et al, como la temperatura ambiente a la que se probaron los instrumentos disminuyó, el ciclo aumentó la resistencia a la fatiga de las limas de NiTi. Estos hallazgos son similares a los de estudios previos reportando que la temperatura ambiental influye fuertemente en las propiedades mecánicas de las limas de NiTi (29) . Muchos ciclos son necesario para la fractura si la restricción del conducto radicular fue capaz de producir sólo deformación elástica (30).

Durante un solo movimiento recíprocante, el instrumento gira en el sentido de las agujas del reloj para un determinado (en la presente variable de estudio) número de grados y vuelve a 30, lo que significa que el instrumento completa una rotación completa (360) después de uno o más (dependiendo de los diferentes ángulos) ciclos alternativos, la vida cíclica está determinada por el número de veces que una grieta se cierra y se abre (30).

II. INTRODUCCIÓN

La literatura reciente muestra que el movimiento recíprocante puede extender la vida de fatiga cíclica en comparación con rotación continua. El término movimiento alternativo incluye varios movimientos y ángulos posibles, cada uno de los cuales puede influir en el rendimiento y la resistencia al fallo de Instrumentos de NiTi (31) .

De hecho, algunos autores encontraron que el movimiento recíprocante promovió una vida de fatiga cíclica extendida del instrumento F2 ProTaper en comparación con la rotación convencional. Este hallazgo podría ser muy importante, ya que puede llevar a muchos estudios encaminados a evaluar todas las posibles combinaciones que oferta de reciprocidad en un intento de encontrar la (o las) que maximicen el rendimiento y la seguridad (32) .

Las diferencias entre reciprocidad y rotación continua se pueden explicar de la siguiente manera. Es bien sabido que una mayor flexión del instrumento en cada ciclo da como resultado una reducción en el número de ciclos necesarios para romper la lima (32).

Los investigadores estudiaron la aplicación de este movimiento en el sistema FlexMaster (VDW); el movimiento rotatorio dio una mejor forma de preparación de una manera más uniforme centrada en la anatomía del conducto original en comparación con la de MC (30,33,34).

II. INTRODUCCIÓN

2.2.7 LIMAS ROTATORIAS HYFLEX CM

Las limas rotativas HyFlex de Coltene son instrumentos de NiTi utilizados para instrumentar el conducto radicular y prepararlo para la irrigación y la obturación, dependiendo de la situación clínica, también en movimiento recíproco. Las limas están disponibles en distintos tamaños y tienen el mango codificado por colores ISO para indicar el tamaño de la lima, y topes de goma codificados por colores para indicar el grado de conicidad (0,02-0,08) y sección transversal trapezoidal en medio. La nueva generación de limas termotratadas de NiTi se han elaborado utilizando un proceso exclusivo que controla la memoria del material, lo cual hace que las limas sean extremadamente resistentes a la fractura y flexibles. Las limas son adecuadas para múltiples usos y se pueden regenerar durante el autoclavado (35) .

Fabricadas en aleación de níquel-titanio con tratamiento térmico de memoria controlada (CM), las limas HyFlex CM son extremadamente flexibles y más resistentes a la fatiga cíclica. Por lo tanto, las limas pueden seguir muy de cerca la anatomía del conducto radicular, lo que reduce el riesgo de transporte o perforación. Además, las limas se pueden pre-curvar de forma similar al acero inoxidable. Particularmente en conductos radiculares con curvaturas abruptas, esto puede ayudar a evitar la creación de escalones.

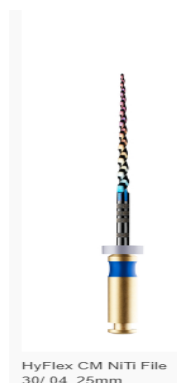


Figura 5 Instrumento Rotatorio Hyflex CM 30.04

Lima rotatoria 30/04 Hyflex Cm usada para el desbridamiento y conformación del conducto radicular compuesta por aleación NiTi y con tratamiento térmico (35) .

II. INTRODUCCIÓN

Esta adaptación de la forma se puede revertir rápidamente mediante un tratamiento térmico que devuelve los instrumentos a su forma original. El control visual después del tratamiento térmico brinda la oportunidad de verificar la continuación segura del uso de la lima.

Para el secado y la obturación el exitoso sistema HyFlex CM también ofrece puntas de papel y de gutapercha que se adaptan perfectamente a las probadas limas de níquel-titanio (35).

La Resistencia a la fractura y mayor flexibilidad se da gracias a la tecnología de memoria controlada:

- Preparación siguiendo la anatomía del canal.
- Preparación rápida con alta eficiencia de corte y número reducido de limas.
- Regeneración y control visual para un uso múltiple seguro.
- Protocolo simple de longitud única.
- Adecuado para casi todos los casos clínicos (35) .

2.2.8 INSTRUMENTOS ROTATORIOS E3 AZURE ENDOSTAR

Endostar E3 Azure es un innovador sistema creado con Azure HT Technology, el proceso de fabricación de tratamiento térmico especialmente diseñado para conductos curvos (figura 4). El objetivo de la Azure HT Technology era crear limas extremadamente flexibles y resistentes a la rotura incluso en los conductos en c (36)

El proceso Azure HT Technology modifica la estructura cristalina de las limas de níquel-titanio. Permite que la transformación de la fase martensita a austenita se produzca a una temperatura cercana a la corporal (36) .

II. INTRODUCCIÓN

Este proceso transforma completamente las propiedades de las limas. Las limas pueden doblarse previamente antes de introducirlas en el conducto. Pueden seguir fácilmente incluso la vía más curvada del conducto, con un riesgo mínimo de perforación o vías falsas (36) .



Figura 6
Kit de instrumentos rotatorios E3 Azure Basic

Kit de limas rotatorias Endostar Basic de NiTi para conductos curvos, tratados térmicamente para obtener la fase R la cual le confiere mayor flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica (36) .

II.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

III.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El objetivo del tratamiento de endodoncia es el correcto desbridamiento, desinfección , conformación y sellado tridimensional del sistema de conductos radiculares esto con el objetivo de tratar y evitar las patologías periapicales del diente o de los dientes a tratar así como promover la cicatrización apical en caso de que el diente o los dientes presenten una patología previa , durante el paso de los años y en nuestra actualidad los instrumentos rotatorios de endodoncia han sufrido importantes cambios en su fabricación, es importante mencionar que los instrumentos rotatorios pueden sufrir de fatiga cíclica y torsional al momento de la instrumentación de los conductos radiculares teniendo como consecuencia la separación o fractura del instrumento. En el mercado existen diferentes sistemas de limas rotatorias, las cuales nos ofrecen una excelente resistencia a la fractura, gracias a sus tratamientos térmicos. En el presente estudio se pretende determinar ¿Qué sistema de instrumentación rotatoria de NiTi, Hyflex CM (Coltene) ó E3 azure (Endostar) presenta mayor resistencia a la fatiga cíclica después haber sido sometidos a una prueba de fátiga cíclica estatica?

IV. JUSTIFICACIÓN

Uno de los accidentes más inesperados durante el tratamiento endodóntico es la fractura o separación de las limas rotatorias de NiTi dentro del conducto radicular, poniendo en riesgo el éxito del tratamiento, mediante esta investigación se pretende comprobar si existe una relación de fractura de los instrumentos rotatorios Hyflex CM (Coltene) y E3 Azure (Endostar), después de haber sido sometidos a una prueba estática de fatiga cíclica.

V. HIPÓTESIS

5.1. HIPÓTESIS NULA

No hay diferencia significativa en la resistencia a la fatiga cíclica con los diferentes sistemas de instrumentación Hyflex CM y E3 AZURE

5.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA

Si existe diferencia significativa sobre la resistencia a la fatiga cíclica entre los diferentes sistemas de instrumentación HYFLEX CM y E3 AZURE Endostar.

VI.OBJETIVOS.

6.1. OBJETIVO GENERAL

Identificar cual, de los sistemas de instrumentación rotatoria, Hyflex CM de Coltene o E3 AZURE de Endostar presenta mayor resistencia a la fatiga cíclica.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar bajo medición del tiempo la fractura por fatiga cíclica de los instrumentos.

Hyflex CM de coltene:

5 instrumentos rotatorios Hyflex CM 25.04

5 instrumentos rotatorios Hyflex CM 30.04

E3 Azure de Endostar:

5 instrumentos rotatorios E3 Azure 25.06

5 instrumentos rotatorios E3 Azure 30.04

VII.VARIABLES.

7.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

Tipo de lima

Lima Hyflex CM 25.04

Lima Hyflex CM 30.03

Lima E3 Azure 25.06

Lima E3 Azure 30.04

7.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Tiempo a la fractura

7.3. OPERACIÓN DE VARIABLES

Medición del tiempo a la fractura del instrumento rotatorio en segundos por medio de cronómetro.

MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. TIPO DE ESTUDIO

Comparativo, experimental

8.2. UNIVERSO DE ESTUDIO

10 instrumentos rotatorios E3 Azure Basic endostar.

- (5 instrumentos rotatorios E3 Azure 25.06)
- (5 instrumentos rotatorios E3 Azure 30.04)

10 instrumentos rotatorios Hyflex CM coltene.

- (5 instrumentos rotatorios Hyflex CM 25.04)
- (5 instrumentos rotatorios Hyflex CM 30.04)

8.3. MATERIALES E INSTRUMENTAL

10 instrumentos rotatorios E3 Azure Basic endostar (5 instrumentos rotatorios 25.06 y 5 30.04), 10 instrumentos rotatorios Hyflex CM coltene (5 instrumentos rotatorios 25.04 y 5 30.04), 1 motor endodóntico PROMARK Dentsply, microscopio endodóntico Ecleris, 10 bolsas de esterilizado, autoclave LORMA, placa de acero inoxidable con conducto artificial con diferentes curvaturas (60 grados), cámara canon, laptop Dell latitude e7240, teléfono iPhone mini12, Endoring Sybronendo.

8.4. METODOLOGÍA

8.4.1 SELECCIÓN DE SISTEMAS ROTATORIOS

Se seleccionaron dos sistemas de limas rotatorias para el siguiente estudio, ambos poseen el mismo tratamiento térmico para darles flexibilidad a las limas, el taper de los instrumentos será de 0.04 y 0.06 de 25 mm. En este caso serán las limas con taper 25.04, 30.04 de Hyflex Coltene y 25.06 y 30.04 de E3 Azure Endostar.

Se seleccionaron los instrumentos para evaluar y comparar la resistencia a la fatiga cíclica después de someterse a un ciclo de esterilización en la autoclave. Cada ciclo constaba de 15 minutos de esterilización a una temperatura de 130 grados Celsius más 30 minutos de secado en un autoclave de la marca Lorma.

Antes de comenzar con la fase experimental, se observaron todas las limas bajo el microscopio dental Ecleris, los instrumentos fueron retirados de sus cajas y se observaron con un aumento de 1.6 y 2.5, para observar si la lima tenía defectos de fábrica, corrosión y grietas.

Posteriormente a la observación bajo el microscopio de los instrumentos, se prosiguió a dar paso a la siguiente metodología.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

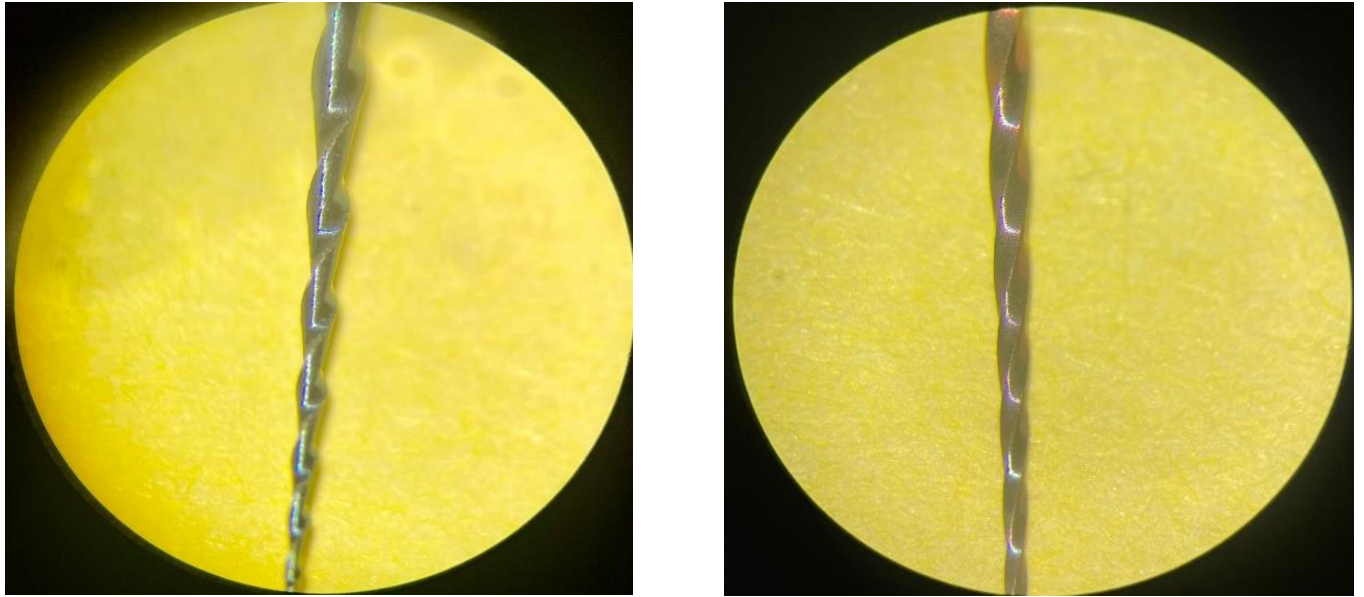


Figura 7 Fotografía con microscopio dental Ecleris a 2.6 de aumento

Fotografía de lima 25.06 de instrumento rotatorio E3 Azure de endostar y 30.04 de Hyflex CM coltene bajo microscopio dental para observa anomalías o defectos de fábrica.

Terminada la observación de los instrumentos, fueron empaquetados en bolsas Docheam de 57 mm x 100 mm, en cada bolsa de esterilización se empaquetó dos limas de cada serie de instrumentos rotatorios, en total fueron 10 bolsas de esterilizar.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS



Figura 8 Empaquetado de Limas NiTi

Se prepararon las limas NiTi a utilizar en bolsas pequeñas para esterilización.

8.4.2 CICLO DE ESTERILIZADO

Estos se someterán a prueba de fatiga cíclica después de haber sido sometidos a un ciclo de esterilización en autoclave, cada ciclo de autoclave consta de 30 minutos de esterilización a una temperatura de 130 grados Celsius (C) más tiempo de secado aproximado de 30 minutos. Posteriormente serán divididos en dos grupos; grupo 1 limas rotatorias Hyflex CM y grupo 2 limas Azure E3 de Endostar.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.4.3 PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FÁTIGA CÍCLICA

Se colocó cada lima en el contrángulo de la pieza del motor endodóntico, se estableció una longitud de trabajo a 20 mm. se configuró a las RPM y torque establecido por cada casa comercial, se accionó el brazo estático con el contrángulo hasta que la lima se insertara en el conducto de acero simulado en la curvatura de 60 grados, se acciono el pedal de inicio y la lima comenzó a girar 360 grados sobre su eje, se colocó frente al brazo estático y el contrángulo una cámara Canon Rebel t7 para grabar por video el momento exacto de la fractura de la lima, se reconoció el momento exacto y se tomó nota del tiempo cuando la lima sonaba con un crack , a través del conducto, una pared del bloque de acero estaba conformada por plexiglass , el cual es transparente y se puede observar el momento exacto de la fractura. Posteriormente se evaluaron las limas una vez fracturadas para observar en que tercio se presentó la fractura, siendo en su mayoría en tercio apical.

Se comenzó realizando la prueba de fatiga cíclica con los instrumentos rotatorios Hyflex CM 25.04 y 30.04, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, Hyflex CM se estableció a 500 RPM a un torque de 2.4 N-cm. Se cronometró desde el inicio de la rotación hasta la fractura del instrumento.



Figura 9 endomotor, bloque de acero y cronometro.

Brazo estático con soporte para contrángulo de endomotor, instrumento rotatorio, bloque de acero con curvaturas distintas y cronometro digital para prueba de fatiga cíclica.

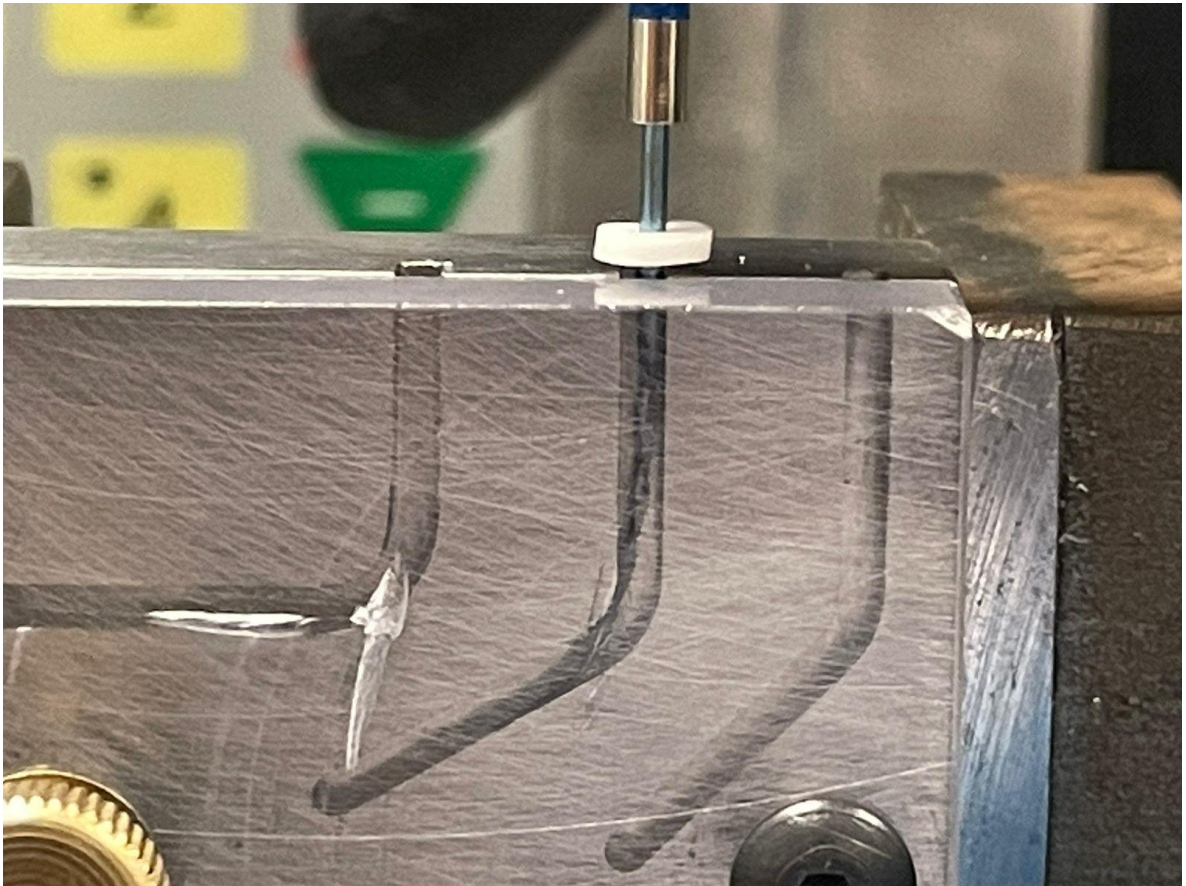


Figura 10 Bloque de acero con plexiglass.

Bloque de acero con una pared de plexiglass transparente y lima rotatoria E3 Azure de Endostar realizando prueba de fatiga cíclica.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

Después de haber sido sometidos a fatiga cíclica los instrumentos de Hyflex CM Coltene, se prosiguió a realizar la misma metodología con los instrumentos de E3 Azure Endostar a 300 RPM y a 3.0 N-cm.

Finalmente se guardaron los instrumentos con sus respectivos fragmentos, los cuales se observaban que en su mayoría eran los fragmentos del final o punta de la lima lo cual corresponde a tercio apical.

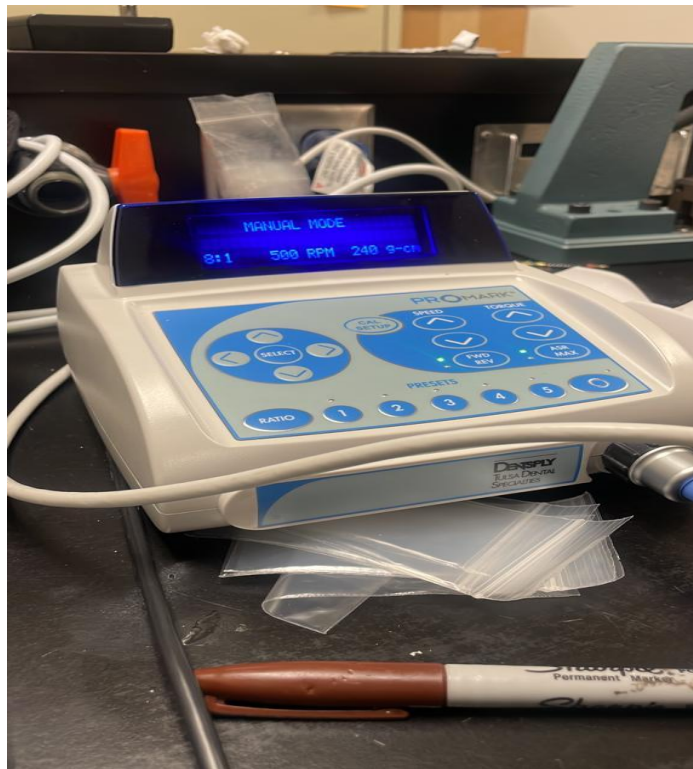


Figura 11 Instrumentos rotatorios Hyflex CM, Endoring y bolsas para esterilizar.

Instrumentos rotatorios Hyflex CM de Coltene previamente a la prueba de fatiga cíclica, endoring con regla milimétrica para medir la longitud de trabajo, instrumentos rotatorios E3 Azure de Endostar en bolsas de esterilizar.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

Posteriormente, se vaciaron los datos en el programa Excel para su tabulación y realización de graficas para obtener resultados descriptivos, y mediante el sistema SPSS obtener los resultados analíticos estadísticos.



**Figura 12 Motor Endodóntico PROMARK
Dentsply**

Motor endodóntico ProMark de la casa comercial Dentsply utilizado en la prueba de fatiga cíclica de este estudio.

8.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

ANÁLISIS INFERENCIAL (ESTADÍSTICO)

Se utilizó el software SPSS versión 29 para realizar la prueba Kruskal Wallis con prueba *post hoc* U de Mann Whitney para comparaciones múltiples, usando la variable SISTEMA ROTATORIO como independiente o factor, y la variable TIEMPO EN SEGUNDOS como dependiente. Se utilizó un nivel de significancia del 5%. Se obtienen los siguientes resultados:

Muestras independientes Kruskal-Wallis

Total N	20
Prueba estadística	14.386
Grados de libertad	3
Sig. Asintótica (2-colas)	.002

Figura 13

Diferencia Significativa entre dos o mas grupo de estudio ($p < 0.05$)

Como se observa en la figura 13 , existe una diferencia estadísticamente significativa entre dos o más grupos de estudio ($p < 0.05$), por lo que se realiza la prueba U de Mann Whitney para muestras independientes comparando todos los grupos hasta agotar combinaciones.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

Sample 1-Sample 2	Prueba estadística	Error std.	Std. estadística	Prueba Sig.
Hyflex CM 30/04-E3 Azure-25/06	-5.100	3.740	-1.364	.173
Hyflex CM 30/04-Hyflex CM 25/04	6.900	3.740	1.845	.065
Hyflex CM 30/04-E3 Azure 30/04	-14.000	3.740	-3.743	<.001
E3 Azure 25/06-Hyflex CM 25/04	1.800	3.740	.481	.630
E3 Azure 25/06-E3 Azure 30/04	-8.900	3.740	-2.380	.017
Hyflex CM 25/04-E3 Azure 30/04	-7.100	3.740	-1.898	.058

Figura 14

Comparaciones múltiples de grupo de estudio.

Como se observa en la tabla 2 de comparaciones múltiples, existe diferencia estadísticamente significativa entre los siguientes grupos de estudio ($p < 0.05$):

- Hyflex CM 30/04 y E3 Azure 30.04.
- E3 Azure 25/06 y E3 Azure 30.04.

IX. RESULTADOS.

Dentro de los resultados obtenidos en la prueba de resistencia a la fatiga cíclica se pudo observar que los ambos sistemas rotatorios , Hyflex CM y E3 Endostar disminuyen su capacidad de resistencia después de determinado tiempo girando a velocidad constante , sin embargo, si hubo diferencia entre un sistema y otro, confirmando así la hipótesis alternativa, en donde se demostró que la lima 30.04 del sistema rotatorio E3 de Endostar tiene mayor capacidad a la resistencia a la fatiga cíclica y la lima 25.04 de Hyflex CM tiene menor resistencia a la fatiga cíclica, en los datos estadísticos existe una diferencia estadísticamente significativa entre dos o más grupos de estudio ($p < 0.05$) utilizando el software SPSS.

Las tablas a continuación representan la fractura de los instrumentos rotatorios en tiempo (segundos).

	HYFLEX CM	TIEMPO EN SEG
1	25 04	150
2	25 04	196
3	25 04	173
4	25 04	199
5	25 04	131

	HYFLEX CM	TIEMPO EN SEGUNDOS
1	30 04	77
2	30 04	45
3	30 04	116
4	30 04	152
5	30 04	122

Figura 15

Resultados del tiempo (segundos) a la fractura de los instrumentos rotatorios de Hyflex CM Coltene taper 25.04 y 25.06 E3 Azure de Endostar.

IX. RESULTADOS

A continuación, las siguientes tablas donde se representa el tiempo en segundos de la fractura de los instrumentos rotatorios 25 06 y 30 04 de E3 Azure de Endostar.

	E3 AZURE	TIEMPO EN SEG
1	25 06	190
2	25 06	166
3	25 06	150
4	25 06	136
5	25 06	149

	E3 AZURE	TIEMPO EN SEG
1	30 04	436
2	30 04	427
3	30 04	400
4	30 04	430
5	30 04	370

Figura 16

Resultados del tiempo(segundos) a la fractura de los instrumentos rotatorios E3 Azure de Endostar con taper 26.06 y 30.04.

IX. RESULTADOS

En el mismo programa Excel después de su tabulación, se procedió a sacar los resultados descriptivos de cada taper de los instrumentos rotatorios.

HYFLEX CM 25 05

Media:	169.8
mediana:	173
Desvest:	29.354727

HYFLEX CM 30 04

Media:	102.4
mediana:	116
Desvest:	41.7408673

E3 AZURE 25 06

Media:	158.2
Mediana:	150
Desvest:	20.7171427

E3 AZURE 30 04

Media:	412.6
Mediana:	427
Desvest:	27.52816739

Gráfica de tiempo de fractura de instrumentos rotatorios Hyflex 25.04 y E3 Azure 25. 06

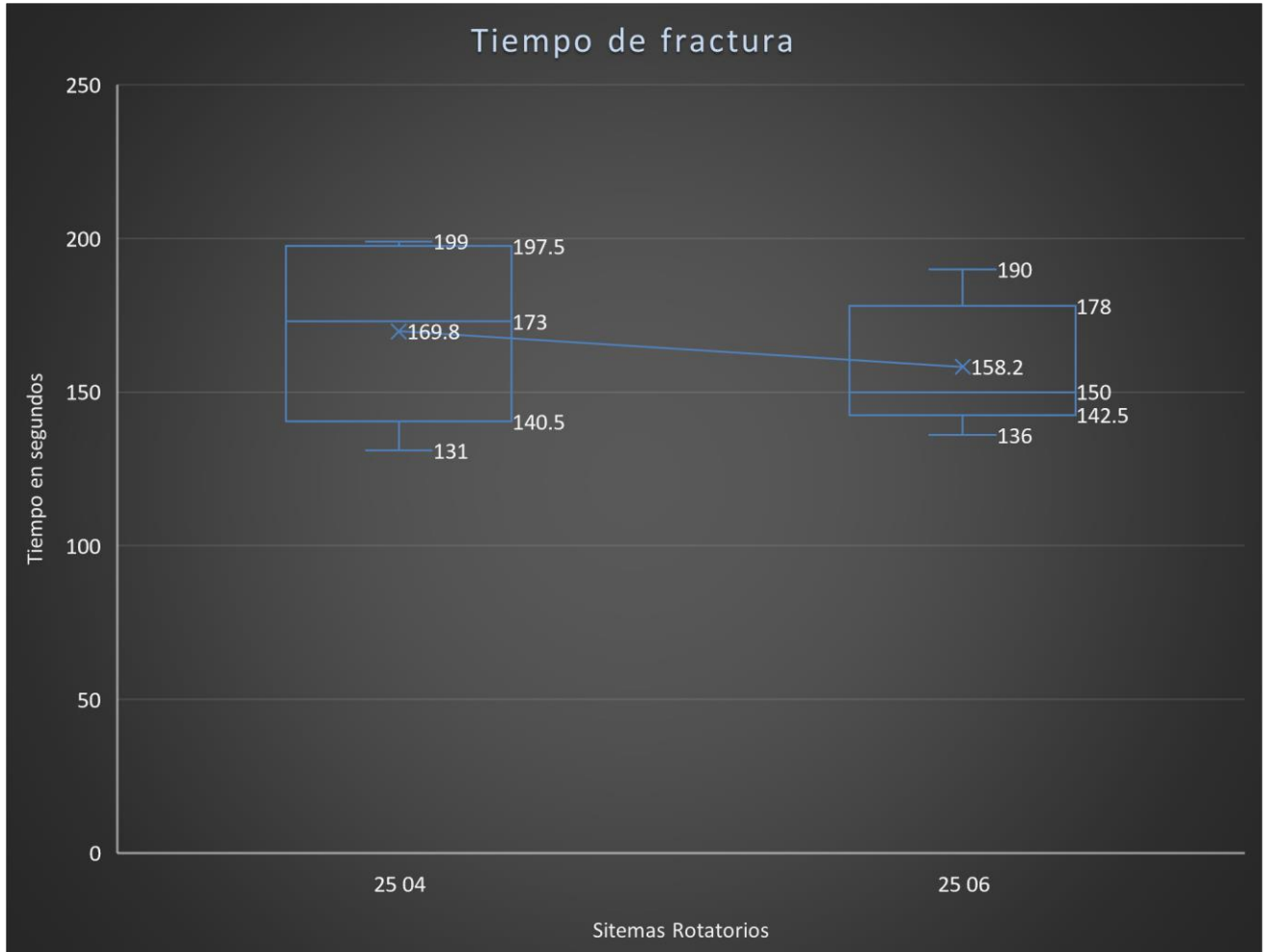


Figura 17

Gráfica representativa de tiempo a la fractura por fatiga cíclica de los instrumentos rotatorios Hyflex CM de coltene y E3 Azure de Endostar.

Gráfica de tiempo a la fractura de instrumentos rotatorios Hyflex CM 25.04 y E3 Azure 25.06.

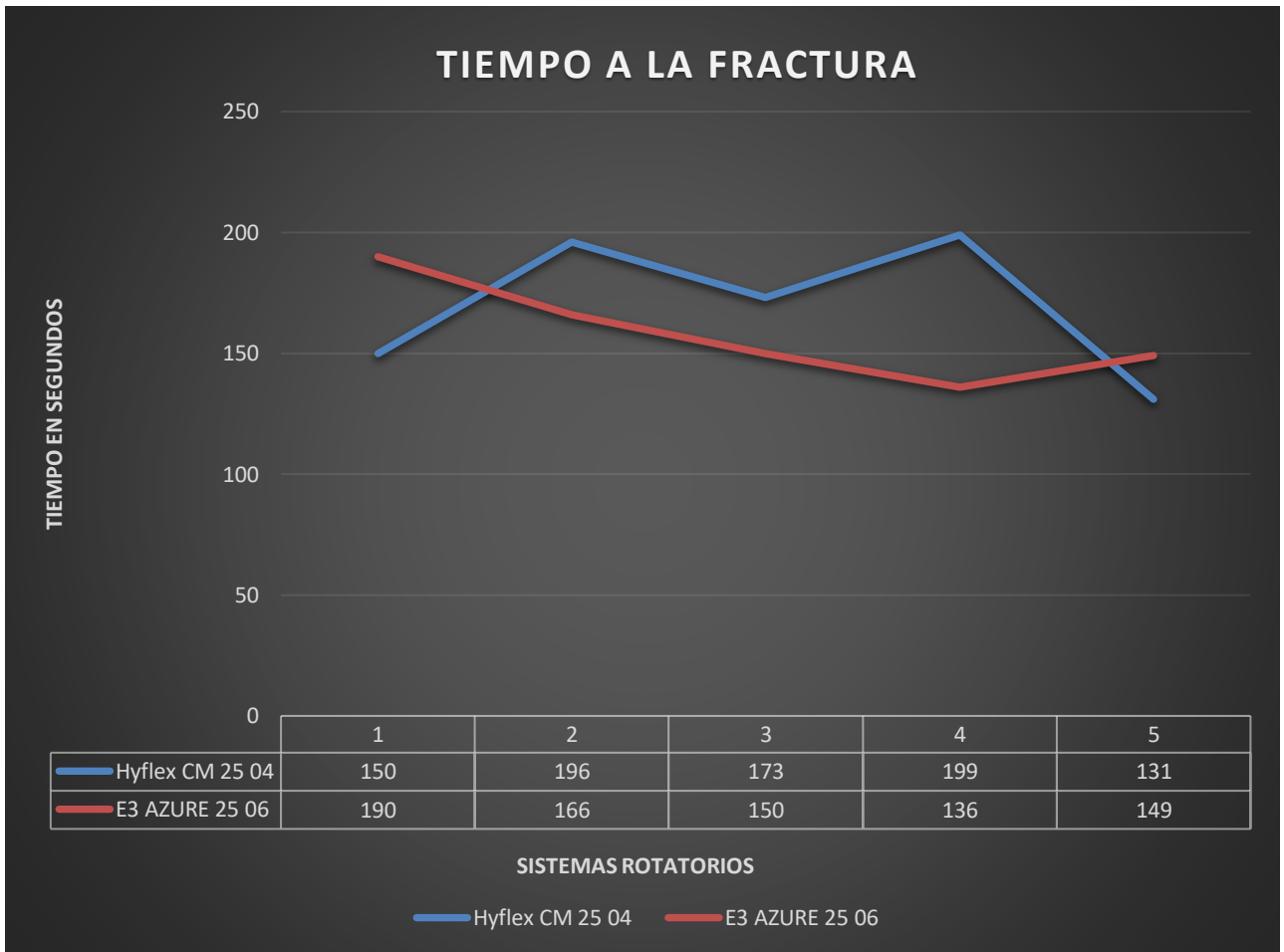


Figura 18

Gráfica representativa de la fractura de instrumentos en segundos en prueba a la fatiga cíclica de instrumentos rotatorios Hyflex CM de coltene 25 04 y E3 Azure 25 06.

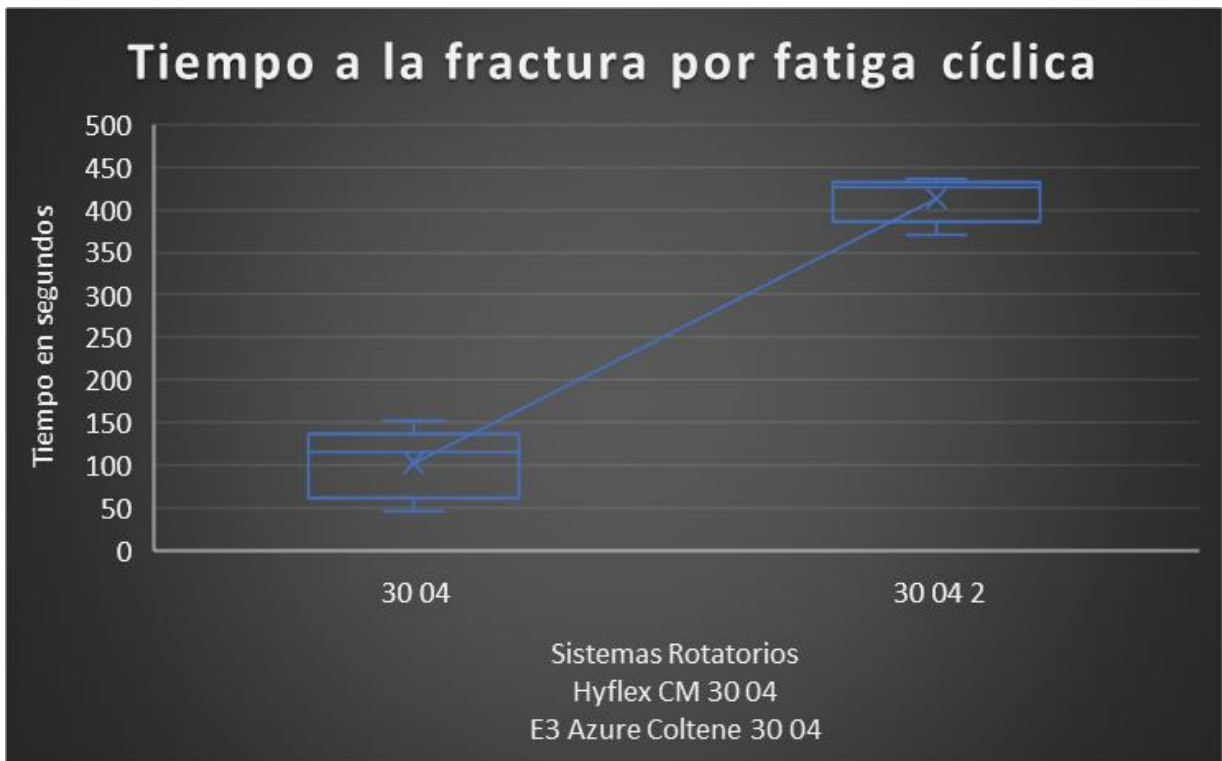


Figura 19

Gráfica representativa de la fractura por fatiga cíclica de los instrumentos Hyflex CM 30 04 y E3 Azure 30 04.

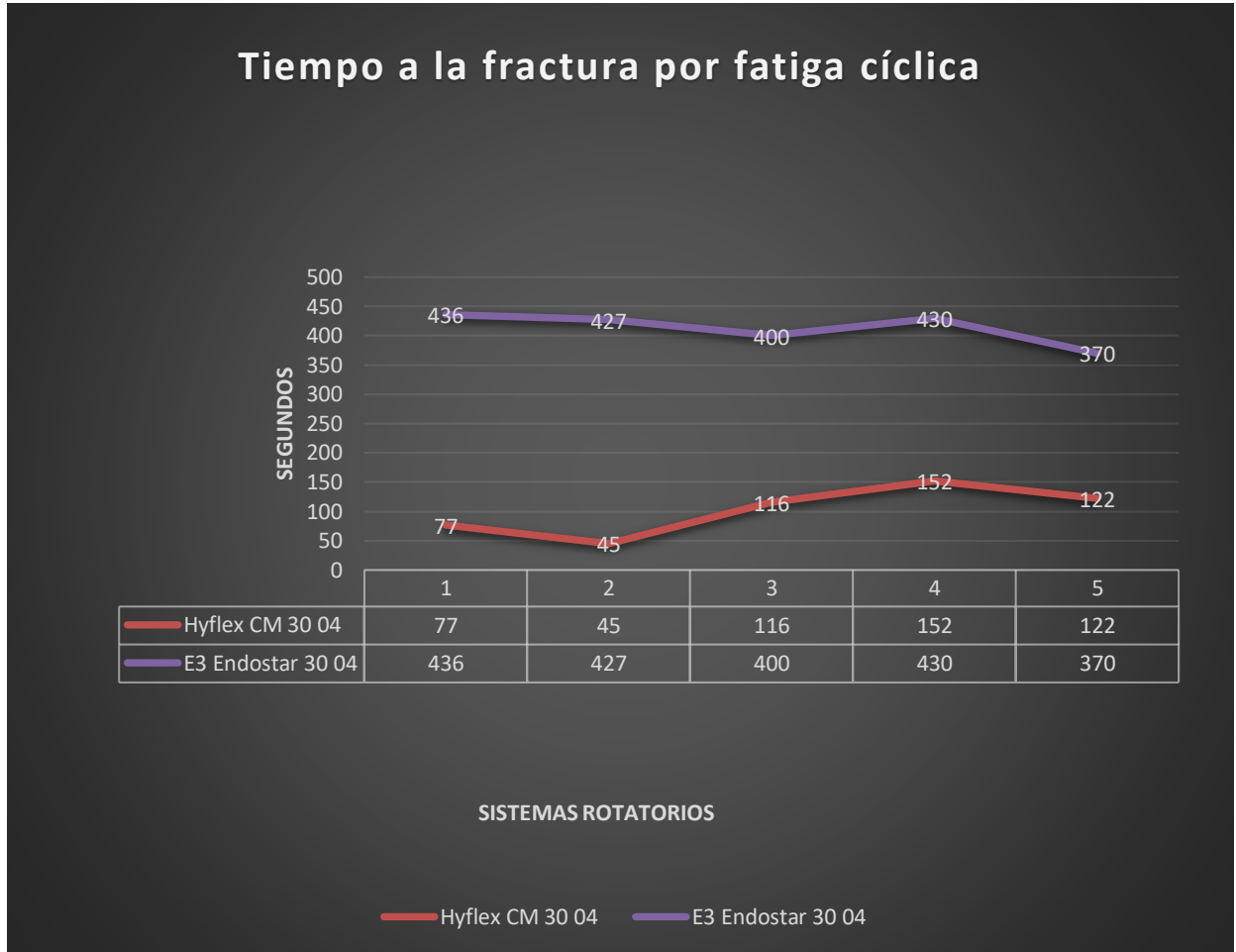


Figura 20

Gráfica representativa del tiempo a la fractura por fatiga cíclica de los instrumentos Hyflex CM 30 04 y E3 Azure 30 04.

X.DISCUSIÓN.

En el siguiente estudio se hace una comparación entre dos sistemas de instrumentos rotatorios de NiTi, Hyflex CM de la casa comercial Coltene y E3 Azure de la casa comercial Endostar, mediante la prueba de resistencia a la fatiga cíclica. Esta prueba se realizó utilizando un bloque de acero con conductos artificiales y con una curvatura de 60 grados simulando la curvatura de un conducto radicular a una velocidad constante referenciada por la casa comercial de cada sistema de limas, 500 RPM para Hyflex CM y 300 RPM para E3 Azure.

Durante este proyecto se demostró que los instrumentos rotatorios utilizados en esta experimentación disminuyen su resistencia a la fatiga cíclica durante cierto tiempo y a velocidad constante, sin embargo, los instrumentos con mayor resistencia a la fatiga cíclica en este estudio fue el sistema E3 Azure 30.04 de Endostar al presentar em mayor tiempo girando a velocidad constante a una curvatura de 60 grados en comparación a los instrumentos rotatorios de Hyflex CM de Coltene.

En 2017 Carrillo-Vázquez y cols. Compararon la resistencia in vitro de la fractura cíclica entre los instrumentos rotatorios K3XF y TFA, en rotación continua y movimiento adaptativo. Para esto, se utilizó la prueba de fractura cíclica estática y el patrón de fractura fue evaluado. El número de ciclos hasta la fractura y la longitud de los fragmentos fue determinado. De todos los grupos evaluados, K3XF-A presentó la mejor resistencia a la fractura cíclica. Se evaluó la resistencia a la fatiga cíclica dentro de conductos de acero preformados (60 grados, $r = 3$ mm) a 5 mm de la punta. El diámetro a esta longitud es de 0,60 mm. K3 con movimiento continuo, K3XF con movimiento continuo y TF1 con movimiento continuo fueron rotados a 300 rpm en rotación continua; TF2- con movimiento continuo se giraron a 500 rpm en continua rotación; y K3-recíproco, K3XF-recíproco y TF1- recíproco fueron utilizados en movimiento recíproco en la misma velocidad en giros de 144 a 72

X. DISCUSIÓN

grados. Los resultados mostraron una mejor resistencia a la fatiga cíclica bajo movimiento adaptativo (37).

Holguín Santana, cols. Presentaron un estudio en el evaluaron el sistema Endosequence, K3 y Liberator. En donde Endosequence presentó una menor fatiga a lo largo de su estructura y daño en la punta, obteniendo una variación de $+2.96/-0.08$; Liberator de estrías lisas presentó daño importante en el cuerpo de la lima y daño en la punta no cortante, con variación de $+5.83/-13.48$, mientras que K3 mostró desgaste a lo largo de su estructura y daño importante en la punta, con una variación de $+5.57/-32.05$ (38).

En 2008 Gambarini, Plotino y cols. Investigaron si la resistencia a la fatiga cíclica aumenta para los instrumentos de níquel titanio fabricados mediante el uso de nuevos procesos. Esto se evaluó comparando instrumentos producidos utilizando el método twisted file (TF; SybronEndo, Orange, CA) y los que usan la aleación M-wire (GTX; Dentsply Tulsa-Dental Specialties, Tulsa, OK) con instrumentos producidos por un proceso de pulido NiTi tradicional (K3, SybronEndo) Las pruebas se realizaron con un dispositivo específico de fatiga cíclica que evaluó los ciclos de falla de instrumentos rotatorios dentro de conductos artificiales curvos. Los resultados indicaron que los instrumentos TF de tamaño 06-25 mostraron un aumento significativo ($p < 0.05$) en la media de números de ciclos hasta el fallo en comparación con el tamaño de limas K3 06-25. Los instrumentos de taperK3 06-20 no mostraron aumento significativo ($p < 0,05$) en el número medio de ciclos hasta el fallo en comparación con el tamaño 06-20 GT instrumentos de la serie X. El nuevo proceso de fabricación. Produjo limas rotatorias de níquel-titanio (TF) significativamente más resistente a la fatiga que los instrumentos producidos con el proceso tradicional de tallado de NiTi (39)

CONCLUSIONES.

La comparación entre dos sistemas rotatorios de NiTi, mediante la prueba de fatiga cíclica puede arrojar resultados variables. Se concluye que hay factores diferentes que pueden propiciar la fatiga del instrumento y por ende la fractura de este, como defectos de fábrica, ángulo de inserción del instrumento hacia los conductos, calcificación del conducto radicular y curvatura de este. Bajo estas condiciones de estudio podemos concluir que:

- Que los instrumentos rotatorios de NiTi Hyflex CM y E3 Azure disminuyen su capacidad a la resistencia a la fatiga cíclica girando de manera constante.
- Que los instrumentos E3 Azure de Endostar mostraron mayor resistencia a la prueba de fatiga cíclica con una máxima duración de la Lima número 1 taper 30.04 de 436 segundos girando a velocidad de 300 RPM y torque de 3.0 N-cm.

Concluyendo que el análisis estadístico si mostró diferencia significativa entre los instrumentos rotatorios E3 Azure de Endostar y Hyflex CM de Coltene.

XII.RECOMENDACIONES.

Se sugiere realizar más estudios con un mayor número de muestras, así como seleccionar limas de movimiento recíprocante o adaptativo para poder comparar de mejor manera que la fatiga cíclica de los instrumentos, así como reproducir las condiciones similares del uso de un instrumento rotatorio, como lo son los ciclos de esterilización para saber si influye en la fractura del instrumento y la observación SEM para saber el tipo y propagación de grietas sobre este.

XIII.BIBLIOGRAFÍA.

1. Bhatt A, Rajkumar B. A comparative evaluation of cyclic fatigue resistance for different endodontic NiTi rotary files: An in-vitro study. *J Oral Biol Craniofac Res.* el 1 de abril de 2019;9(2):119–21.
2. Iandolo A, Iandolo G, Malvano M, Pantaleo G, Simeone M. Modern technologies in Endodontics. Vol. 30, *Giornale Italiano di Endodonzia*. Masson SpA; 2016. p. 2–9.
3. <https://www.kerrdental.com/kerr-endodontics/k-flex-files-stainless-steel-endo-handfile-shape>.
4. Parashos P, Gordon I, Messer HH. Factors Influencing Defects of Rotary Nickel-Titanium Endodontic Instruments After Clinical Use. 2004.
5. Shen Y, Qian W, Abtin H, Gao Y, Haapasalo M. Fatigue testing of controlled memory wire nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* julio de 2011;37(7):997–1001.
6. Bahrololoomi Z, Tabrizzadeh M, Salmani L. In Vitro Comparison of Instrumentation Time and Cleaning Capacity between Rotary and Manual Preparation Techniques in Primary Anterior Teeth [Internet]. Vol. 4, Tehran University of Medical Sciences. 2007. Disponible en: www.SID.ir
7. <https://www.coadental.com/productos/hyflex-cm-limas-rotatorias-para-endodonzia>.
8. Del Fabbro M, Afrashtehfar KI, Corbella S, El-Kabbaney A, Perondi I, Taschieri S. In Vivo and In Vitro Effectiveness of Rotary Nickel-Titanium vs Manual Stainless Steel Instruments for Root Canal Therapy: Systematic Review and Meta-analysis. Vol. 18, *Journal of Evidence-Based Dental Practice*. Mosby Inc.; 2018. p. 59–69.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

9. Bhagabati N, Yadav S, Talwar S. An in vitro cyclic fatigue analysis of different endodontic nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* abril de 2012;38(4):515–8.
10. Peters OA, Roehlike JO, Baumann MA. Effect of Immersion in Sodium Hypochlorite on Torque and Fatigue Resistance of Nickel-Titanium Instruments. *J Endod.* mayo de 2007;33(5):589–93.
11. Pedullà E, La Rosa GRM, Virgillito C, Rapisarda E, Kim HC, Generali L. Cyclic Fatigue Resistance of Nickel-titanium Rotary Instruments according to the Angle of File Access and Radius of Root Canal. *J Endod.* el 1 de marzo de 2020;46(3):431–6.
12. Gil-Flor, Faus-Llácer. Comparación in-vitro de la resistencia a la fatiga cíclica entre ProGlider y PathFile.
13. Shabalovskaya S, Anderegg J, Van Humbeeck J. Critical overview of Nitinol surfaces and their modifications for medical applications. Vol. 4, *Acta Biomaterialia*. Elsevier BV; 2008. p. 447–67.
14. Aun DP, Peixoto IFDC, Houmard M, Buono VTL. Enhancement of NiTi superelastic endodontic instruments by TiO₂ coating. *Materials Science and Engineering C.* el 1 de noviembre de 2016;68:675–80.
15. Leroy AMF, Bahia MGDA, Ehrlacher A, Buono VTL. An analytical mechanical model to describe the response of NiTi rotary endodontic files in a curved root canal. *Materials Science and Engineering C.* el 1 de agosto de 2012;32(6):1594–600.
16. DOSSIER ENDODONCIA, TERAPIA PULPAR MODERNA Y REVOLUCIONARIA. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.11144/Jave->
17. Shen YA, Cheung GSP. Methods and models to study nickel-titanium instruments. 2013.
18. Braz Fernandes FM, Alves AR, Machado A, Oliveira JP. Effect of heat treatments on Ni-Ti endodontic files. *Ciencia e Tecnologia dos Materiais.* el 1 de enero de 2017;29(1):e15–8.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

19. Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M. The Effects of Temperature on Sodium Hypochlorite Short-Term Stability, Pulp Dissolution Capacity, and Antimicrobial Efficacy. Vol. 31, Basic Research-Technology JOE. 2005.
20. Montalvão D, Alçada FS, Braz Fernandes FM, De Vilaverde-Correia S. Structural characterisation and mechanical fe analysis of conventional and m-wire Ni-Ti alloys used in endodontic rotary instruments. The Scientific World Journal. 2014;2014.
21. Dosanjh A, Paurazas S, Askar M. The Effect of Temperature on Cyclic Fatigue of Nickel-titanium Rotary Endodontic Instruments. J Endod. el 1 de mayo de 2017;43(5):823–6.
22. 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 nickel-titanium rotary instruments. J Endod. febrero de 2012;38(2):222–5.
23. 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. enero de 2011;37(1):72–4.
24. Alexandrou GB, Chrissafis K, Vasiliadis LP, Pavlidou E, Polychroniadis EK. SEM Observations and Differential Scanning Calorimetric Studies of New and Sterilized Nickel-Titanium Rotary Endodontic Instruments. J Endod. julio de 2006;32(7):675–9.
25. Han-Hsing Lin J, Karabucak B, Lee SM. Effect of sodium hypochlorite on conventional and heat-treated nickel-titanium endodontic rotary instruments – An in vitro study. J Dent Sci. el 1 de marzo de 2021;16(2):738–43.
26. Shen Y, Zhou HM, Zheng YF, Peng B, Haapasalo M. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. Vol. 39, Journal of Endodontics. Elsevier Inc.; 2013. p. 163–72.
27. Lopes HP, Ferreira AAP, Elias CN, Moreira E JL, Machado de Oliveira JC, Siqueira JF. Influence of Rotational Speed on the Cyclic Fatigue of Rotary Nickel-Titanium Endodontic Instruments. J Endod. julio de 2009;35(7):1013–6.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

28. Jin SY, Lee W, Kang MK, Hur B, Kim HC. Single file reciprocating technique using conventional nickel-titanium rotary endodontic files. *Scanning*. noviembre de 2013;35(6):349–54.
29. Keles A, Uzunoglu Ozyurek E, Uyanik MO, Nagas E. Effect of Temperature of Sodium Hypochlorite on Cyclic Fatigue Resistance of Heat-treated Reciprocating Files. *J Endod*. el 1 de febrero de 2019;45(2):205–8.
30. Plotino G, Grande NM, Porciani PF. Deformation and fracture incidence of Reciproc instruments: A clinical evaluation. *Int Endod J*. el 1 de febrero de 2015;48(2):199–205.
31. Plotino G, Grande NM, Testarelli L, Gambarini G, Castagnola R, Rossetti A, et al. Cyclic Fatigue of Reciproc and Reciproc Blue Nickel-titanium Reciprocating Files at Different Environmental Temperatures. *J Endod*. el 1 de octubre de 2018;44(10):1549–52.
32. Gambarini G, Rubini AG, Al Sudani D, Gergi R, Culla A, De Angelis F, et al. Influence of different angles of reciprocation on the cyclic fatigue of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod*. octubre de 2012;38(10):1408–11.
33. Generali L, Righi E, Todesca MV, Consolo U. Canal shaping with WaveOne reciprocating files: Influence of operator experience on instrument breakage and canal preparation time. *Odontology*. 2014;102(2):217–22.
34. Plotino G, Ahmed HMA, Grande NM, Cohen S, Bukiet F. Current Assessment of Reciprocation in Endodontic Preparation: A Comprehensive Review - Part II: Properties and Effectiveness. Vol. 41, *Journal of Endodontics*. Elsevier Inc.; 2015. p. 1939–50.
35. <https://lam.coltene.com/es/products/endodoncia/limas-rotativas/hyflex-rotary-files//limas-de-niti-hyflextm-cm/>.
36. <https://www.endostar.eu/es/produkty/endostar-e3-azure/>.
37. Carrillo-Vázquez AG, Carrillo-Vázquez LH, González-Vizcarra B, Villarreal-Gómez LJ, Valdez-Castro R, Cadena-Alcántar MA, et al. “In Vitro” Comparison of K3XF and TFA Cyclic Fatigue Resistance in Continuous Rotation and Adaptive Motion Comparación In Vitro de resistencia a la fatiga

XIII. BIBLIOGRAFÍA

- cíclica de K3XF y TFA en rotación continua y movimiento adaptativo. REVISTA MEXICANA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA. 2018;39(1):41–51.
38. De M, Paz L, Santana H, Zamora FS, Schieteka EA, Patricia De La L, et al. Cyclic fatigue in the EndoSequence, Liberator and K3 rotary systems: Analysis under scanning electron microscope in an in vitro study [Internet]. Vol. 71, Revista ADM. 2014. Disponible en: www.medigraphic.com/admwww.medigraphic.org.mx
39. Gambarini G, Grande NM, Plotino G, Somma F, Garala M, De Luca M, et al. Fatigue Resistance of Engine-driven Rotary Nickel-Titanium Instruments Produced by New Manufacturing Methods. J Endod. agosto de 2008;34(8):1003–5.

