

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO



***COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A LA FRACTURA CÍCLICA DE 3 INSTRUMENTOS
ROTATORIOS MECANIZADOS EN DOS CONDUCTOS ANGULADOS SIMULADOS***

POR:

C.D. NITSY DE LOS ANGELES CHAVIRA

**TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA
EN ESTOMATOLOGÍA**

OPCIÓN: ENDODONCIA

CHIHUAHUA, CHIH., MÉXICO

FEBRERO DE 2024



Comparación de resistencia a la fractura cíclica de 3 instrumentos rotatorios mecanizados en dos conductos angulados simulados Tesis presentada por Nitsy De Los Angeles Chavira como requisito para obtener el grado de Maestro /a en Estomatología, ha sido aprobada y aceptada por:

M.E.S. Juan Antonio Galache Vega
Director de la Facultad de Odontología

C.D.E.O. Rosa Margarita Aguilar Madrigal
Secretaria de Investigación y Posgrado

M.C.O.E Ricardo Ibarra Romo
Director de tesis

Dr. Uriel Soto Barreras
Asesor de tesis

19 - Febrero - 2024

Fecha

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme permitido estar en este camino y darme la sabiduría para alcanzar mis objetivos.

A mis padres quienes son el pilar de mi vida y durante todo este trayecto nunca me soltaron de la mano y me alentaron a seguir adelante e inculcarme grandes aspiraciones.

A mi hermana por creer en mí, que sin duda fue un impulso muy importante durante esta trayectoria y siempre estar al pendiente de mí.

A mis docentes quienes con su paciencia y sabiduría siempre estuvieron presentes y formaron parte esencial de este camino, en especial a mi coordinador de posgrado de endodoncia al C.D.E.E José Luis Esquivel Villegas.

A mi director de tesis, M.C.O.E Ricardo Ibarra Romo y asesor Dr. Uriel Soto Barrera quienes con su conocimiento, paciencia y gran apoyo fueron un pilar fundamental en la realización de esta investigación.

A mis compañeros de maestría por ser mi familia durante 2 años.

A la Universidad Autónoma de Chihuahua por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de prepararme profesionalmente.

A CONACYT por el apoyo económico para la realización de mis estudios de maestría.

RESUMEN

"COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A LA FRACTURA CÍCLICA DE 3 INSTRUMENTOS ROTATORIOS MECANIZADOS EN DOS CONDUCTOS ANGULADOS SIMULADOS"

POR:

C.D NITSY DE LOS ANGELES CHAVIRA

Maestría en Estomatología

Secretaria de Investigación y Posgrado

Facultad de Odontología

Universidad Autónoma de Chihuahua

Director de Tesis: M.C.O.E Ricardo Ibarra Romo

Objetivos: Evaluar qué sistema de limas rotatorias: Protaper Gold, E-flex Gold y M3-Pro Gold presenta mayor resistencia a la fatiga cíclica. **Metodología:** Se fabricó una platina de acero inoxidable con canales simulados con una angulación de 45° y 60° para evaluar el tiempo de fractura cíclica en segundos. Se utilizaron 20 instrumentos de cada sistema mecanizado rotatorio, de los cuales 10 limas se hicieron girar en cada conducto artificial según las especificaciones del fabricante, se realizó el registro de tiempo de cada uno de ellos. El análisis estadístico de datos se obtuvo utilizando el paquete SAS® Studio. Se estableció una significancia estadística $p < 0.05$. **Resultados:** El sistema Protaper Gold mostró ser superior a la resistencia de fatiga cíclica a los 45°, en cambio a los 60° el sistema M3-Pro Gold y Protaper Gold tuvieron un comportamiento similar y el sistema E-flex Gold fue el más deficiente. **Conclusiones:** Se concluye que el sistema Protaper Gold presenta mayor resistencia a la fractura cíclica a los 45°. Al tener una curvatura más marcada a 60°, no se encontró diferencia significativa entre el sistema M3-Pro Gold y Protaper Gold. El sistema E-flex Gold en ambas curvaturas (45° y 60°) mostró ser deficiente.

ABSTRACT

“COMPARISON OF CYCLIC FRACTURE RESISTANCE OF 3 ROTARY INSTRUMENTS MACHINED IN TWO SIMULATED ANGLED CANALS”

BY: NITSY DE LOS ANGELES CHAVIRA

Objectives: To evaluate which rotary file system: Protaper Gold, E-flex Gold and M3-Pro Gold, has greater resistance to cyclic fatigue. **Methodology:** A stainless steel plate was manufactured with simulated channels with an angulation of 45° and 60° to evaluate the cyclic fracture time in seconds. 20 instruments of each rotary mechanized system were used, of which 10 files were rotated in each artificial canal according to the manufacturer's specifications, the time recording of each of them was carried out. Statistical data analysis was obtained using the SAS® Studio package. Statistical significance $p < 0.05$ was established. **Results:** The Protaper Gold system showed to be superior in cyclic fatigue resistance at 45°, however at 60° the M3-Pro Gold and Protaper Gold systems had similar behavior and the E-flex Gold system was the most deficient. **Conclusions:** It is concluded that the Protaper Gold system presents greater resistance to cyclic fracture at 45°. As it has a more marked curvature at 60°, no significant difference was found between the M3-Pro Gold and Protaper Gold systems. The E-flex Gold system in both curvatures (45° and 60°) proved to be deficient.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
CONTENIDO	VI
LISTA DE CUADROS	VIII
LISTA DE GRÁFICAS	IX
LISTA DE ILUSTRACIONES	X
LISTA DE TABLAS	XI
LISTA DE ABREVIACIONES	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
REVISIÓN DE LA LITERATURA	XV
Antecedentes	xv
Diseño de los instrumentos rotatorios	xvii
Sistemas A Prueba	xviii
Sistema Rotatorio Protaper Gold (DentsplyMaillefer)	xviii
E-flex Gold.....	20
M3 Pro Gold	20
PLANTEAMIENTO DEL PORBLEMA	22
JUSTIFICACION	23
HIPOTESIS	24
OBJETIVOS	25

General.....	25
Específico	25
MATERIALES Y MÉTODOS	26
Tipo de estudio.....	26
Diseño de Estudio	26
Población de Estudio.....	26
Lugar de realización.....	26
Criterios de Inclusión.....	26
Criterios de Exclusión	26
Metodología	27
Etapa 1	27
Etapa 2	30
RESULTADOS	33
Análisis estadístico.....	33
DISCUSION	35
CONCLUSIONES	37
LITERATURA CITADA.....	38
ANEXOS	40

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Simulación de instrumentación con los sistemas de limas rotatorias mecanizadas en la platina de acero inoxidable y con la cubierta de acrílico.....	31
2	Imágenes de limas fracturadas a 60° según el sistema rotatorio mecanizado, obtenidas con el estereomicroscopio LEICA.....	40
3	Imágenes de limas fracturadas a 45° según el sistema rotatorio mecanizado obtenidas con el estereomicroscopio LEICA.....	41

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica		Página
1	Distribución de fractura de los instrumentos.....	34
2	Tiempo de fractura clasificados según la casa comercial.....	34

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración		Página
1	Instrumentos rotatorios mecanizados de tres marcas diferentes empleados en la experimentación.....	28
2	Diseño y fabricación de la platina de acero inoxidable.....	29
3	Motor X SMART PLUS.....	30
4	Instrumentos fracturados.....	42

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1	Características de los sistemas de limas para ejercer su trabajo.....	26
2	Distribución de las muestras en los conductos simulados.....	30
3	Tiempo de fractura (segundos) de tres sistemas rotatorios colocados a 45°.....	33
4	Tiempo de fractura (segundos) de tres sistemas rotatorios colocados a 60°.....	33

LISTA DE ABREVIACIONES

CONCEPTO	TÉRMINO
SCR	Sistema de conductos radiculares
NiTi	Níquel-Titanio
D0	Diámetro menor
D16	Diámetro mayor
AAE	Asociación Americana de Endodoncia
N	Newton
UACH	Universidad Autónoma de Chihuahua

INTRODUCCIÓN

La endodoncia es la parte de la odontología que se ocupa de la etiología, diagnóstico, prevención y tratamiento de las enfermedades de la pulpa dental y sus complicaciones. (Maisto 1978)

Su objetivo es conservar los dientes cuya pulpa, se encuentra afectada o ha perdido la capacidad de mantenerse con vitalidad. Se realiza en el sistema de conductos radiculares (SCR) una evaluación para ver la presencia de conductos accesorios, morfología apical, curvaturas, etc. (McSpadden 2007)

Una curvatura en el SCR, aumenta la complejidad de la terapia endodóntica debido a la dificultad de poder abarcar ésta y pudiendo generar escalones, transporte, separación de instrumentos y otras complicaciones a nivel del tercio apical o en el trayecto del conducto. (Walia, Brantley, and Gerstein 1988)

Para la instrumentación del SCR, se conocen diferentes casas comerciales que brindan instrumentos de diferentes materiales, como limas manuales de acero inoxidable y sistemas mecanizados de Níquel – Titanio (NiTi), y gracias a éstos, en conjunto con irrigación y aspiración, podemos alcanzar los objetivos de la preparación químico - mecánica.

Utilizar un sistema mecanizado de Níquel - Titanio ha ido aumentando con el tiempo, ya que poseen propiedades únicas de memorización de forma y superelasticidad, logrando así una manipulación y resultados mejores, reduciendo el tiempo de trabajo y la eficacia en el proceso del tratamiento. (Daugherty, Gound, and Comer 2001; Martins et al. 2022)

A pesar de las grandes ventajas que poseen los instrumentos de NiTi, la fractura de estos, es uno de los accidentes con mayor frecuencia y se mantiene como un desafío, ya que su fallo generalmente ocurre sin signos visibles de deformación permanente del material, por lo que es difícilmente detectar y por lo tanto prevenir.

Esta deformación puede generar una fractura que puede ocurrir por dos maneras, por torsión o por flexión (fractura cíclica). (Kramkowski and Bahcall 2009; Keskin et al. 2018)

La fractura por torsión ocurre cuando una parte de la lima mecanizada queda atascada dentro del conducto, y el motor sigue funcionando, produciendo un torque máximo que va a sobrepasar su propiedad elástica del instrumento, acabando en rotura. (McSpadden 2007; Silva et al. 2018)

La fractura cíclica se da por el giro libre de la lima dentro del conducto curvo, presentando ciclos de tensión y compresión en el punto máximo de flexión hasta que se fracture. Por lo tanto, cuando el conducto radicular tiene más curva y ángulo, menos vida tiene la lima. (Kramkowski and Bahcall 2009) Este fenómeno puede ser responsable del 44,3% de los instrumentos rotos (Sattapan et al. 2000). La resistencia a la fatiga cíclica está determinada por el tiempo (o el número de ciclos) hasta la fractura. Cuanto mayor sea el resultado, mayor será la fuerza de resistencia del instrumento a la fatiga cíclica. (Martins et al. 2022)

La prueba de resistencia a la fatiga cíclica es uno de los métodos más utilizados para comparar instrumentos de endodoncia. Sin embargo, a la fecha, no existe una especificación o estándar internacional para evaluar este parámetro en condiciones estandarizadas. Por lo tanto, se ha observado una amplia gama de variaciones metodológicas en los escenarios experimentales (Plotino et al. 2009; Duque et al. 2020) incluyendo aspectos relacionados no solo con el canal artificial, como son: longitud, material, diámetro y conicidad, longitud de curvatura, radio de curvatura y ángulo de curvatura, sino también con la temperatura, el ángulo de inserción del instrumento, la posición de la curvatura, tratamiento térmico, la velocidad de rotación y el líquido utilizado para la lubricación (Hülsmann, Donnermeyer, and Schäfer 2019; Pedullà et al. 2020).

Es importante tener en cuenta que las pruebas de fatiga cíclica y torsión se realizan de manera que el punto/área de máxima tensión se asocia con una posición específica de la longitud del instrumento, que puede variar de un estudio a otro en las pruebas de fatiga (Ullmann and Peters 2005).

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Antecedentes

El primer instrumento endodòntico fue creado por Edwin Maynard en 1839, el cual el objetivo principal de limpiar y ensanchar el conducto radicular partir de una cuerda de reloj (Leonardo 2005).

Anteriormente no existían lineamientos para la creación y fabricación de los instrumentos, por lo que, cada casa comercial creaba cada uno de ellos de acuerdo a las necesidades. A partir del 1955, Jhon Ingle propone la siguiente estandarización para la fabricación de instrumentos (Torabinejad and Walton 2010).

1. El diámetro se encuentre aumentado secuencialmente
2. El mango con numeración y color para cada lima, teniendo una numeración de inicio del 6 al 140.
3. Tener la parte activa con un diámetro menor (D0) y uno mayor (D16), con un total de 16mm.
4. Uniformidad en la longitud de los instrumentos: 21, 25 y 31 mm.
5. Material de construcción: acero inoxidable

En conjunto con Grossman y Levine sugirieron que las limas como los conos de gutapercha siguieran las mismas normas (Ostrander 1967).

Fue hasta 1962 la Asociación Americana de Endodoncia (AAE) aceptó la propuesta de los lineamientos, siendo un gran avance en el área de endodoncia (Torabinejad and Walton 2010).

Las primeras limas (tipo K) usadas en todo el mundo, fueron fabricadas torsionando un asta de acero inoxidable de forma cuadrada, triangular o circunferencial el cual, el material tiene las características de resistencia a la fractura, no permite la oxidación, son precurvables pero poco flexibles sin permitir rotaciones completas en el conducto radicular (Leonardo 2005).

Debido a lo anterior, se observaron accidentes en el proceso operatorio ya sea por la falta de habilidad en el manejo y por las propiedades del instrumento, siendo una causa de fracaso del tratamiento endodòntico.

En la década de los 80's, Walia y colaboradores fabrican instrumentos de una nueva aleación, Niquel – Titanio (NiTi) el cual contiene aproximadamente 56% y 44%

respectivamente. Las aplicaciones del Níquel (Ni) y titanio (Ti) fueron aplicadas por laboratorios de la marina de Estados Unidos "Naval Ordnance Laboratory" razón por la cual el material recibió el nombre de NITINOL. En 1992 el Dr. J. McSpadden diseñó y comercializó el primer instrumento de NiTi, siendo estos una revolución en la endodoncia. (Walia, Brantley, and Gerstein 1988)

Sus propiedades como capacidad de volver a su forma original después de aplicarles una fuerza, flexibilidad, resistencia a fractura, corrosión y superelasticidad, brindando una mejor instrumentación y mayor seguridad para evitar accidentes operatorios. Para el 1988 estas propiedades fueron evaluadas en una lima de calibre 15, en la que se observaron que presentaba 3 veces más flexibilidad, teniendo un bajo riesgo de transportar la luz del conducto original (Kim et al. 2010) y aumentando la resistencia a la fractura en comparación con las limas de acero inoxidable. Así mismo, tiempo después, se comprobó que la superelasticidad del NiTi recupera la deformación en un 8% en comparación con un máximo de 1% del acero inoxidable. (Leonardo 2005; Shen et al. 2013)

Esta aleación de NiTi, presenta 2 fases dependientes de la temperatura: cuando se encuentra en reposo recibe el nombre de austenita (alta temperatura), cuando está en movimiento rotatorio se le denomina martensita (fase de baja temperatura), la cual presenta una deformación, ventaja de la superelasticidad. (Shen et al. 2013)

Tiempo después aparece en el mercado una aleación mejorada por la casa Dentsply Sirona: Gold. El primer sistema de conformación de conductos "Wave One Gold" que se encuentra conformado por la aleación gold-wire obteniendo su color debido al óxido de titanio presente en la superficie, que le da el aspecto dorado. Esta modificación térmica altera la matriz cristalográfica de austenita y martensita dando un instrumento con más beneficios: flexibilidad, capacidad de deformación y aumento a la resistencia de la fractura cíclica. (Shen et al. 2013; Peters, de Azevedo Bahia, and Pereira 2017)

Gracias a su introducción de ésta tecnología en endodoncia ha mejorado la calidad y la previsibilidad de la preparación del conducto radicular, ayudando a evitar accidentes, mantener lo más íntegro el conducto radicular y tener una preparación mecánicamente con un movimiento completo de 360°. (Peters 2004; Martins et al. 2022)

Diseño de los instrumentos rotatorios

Una de las características visible más sobresaliente de éstas limas es la gran variación de conicidad o taper, representa un aumento del diámetro a lo largo de su parte activa, en la que se puede encontrar en una variación, así permitiendo tener contacto con la pared dentinaria y producir un ensanchamiento en el tercio medio y cervical, previniendo un desgaste excesivo y anticurva para que las limas con menor taper entren en contacto con mayor facilidad en la zona apical y por lo tanto, menor riesgo de fractura del instrumento. (Pedullà et al. 2020)

La superficie radial o radial land es la parte del instrumento que está en contacto con la pared del conducto radicular, que al momento de producir el giro lo ensancha e impide un corte descontrolado y una transportación indeseada. (Hargreaves, Berman, and Cohen 2011)

El ángulo helicoidal o "flute angle" su definición es ángulo formado por la superficie de corte del instrumento y el eje axial del instrumento, también es conocido como ángulo de corte. Sirve de parámetro para determinar la resistencia mecánica y eficiencia de corte. A mayor ángulo, más facilidad de fractura. Por lo general, los instrumentos NiTi cuentan con 35° a 45°.

La zona de alivio o "relief" se encarga de reducir la fricción al momento de contactar con la dentina, esta zona parte de la radial land.

La mayoría de las limas cuentan con una punta inactiva que tiene el beneficio de guiar y centrar al instrumento dentro del conducto radicular, pudiendo adaptarse a curvas muy pronunciadas, evitar caminos falsos, escalones o algún otro tipo de iatrogenia. Las que poseen punta activa, son enfocadas a zonas donde existen calcificaciones o conductos atrésicos ayudando a generar el corte. (UDG 2020)

El "pitch" corresponde al número de espirales por unidad de longitud en toda la parte activa de la lima. Si se encuentra aumentado, la torsión se disminuye. (UDG 2020)

Las ranuras que presenta a lo largo de sus estrías en la parte activa, sirven para recoger los tejidos blandos y las virutas de dentina de la pared del conducto radicular, actuando como áreas de escape. (UDG 2020)

Presentan una variación de sección transversal, cuadrangular, triangular, pero teniendo el mayor predominio la forma de S, que les proporciona fortaleza debido a la gran masa periférica que las compone.

La gran diversidad de sistemas rotatorios ejerce su movimiento gracias a los motores mecánicos, los cuales trabajan a una velocidad entre 150 a 500 rpm y un torque variable de .1 a 10 Ncm, estos parámetros dependen según las indicaciones de cada casa comercial.

Sistemas A Prueba

Sistema Rotatorio Protaper Gold (DentsplyMaillefer)

Desde el año 2001 la casa comercial DentsplyMaillefer ha ido integrando innovaciones en su diseño de instrumentos, uno de ellos el sistema Protaper Gold, que está fabricado por un tratamiento térmico de NiTi: aleación gold, según el fabricante cuenta con un 24% de más flexibilidad que el sistema de limas Protaper Universal y por lo tanto, lo hace más resistente a la fractura (SIRONA 2020).

El set cuenta con 6 instrumentos, 3 de conformación (SX, S1, S2) y 3 de finalización (F1, F2, F3) teniendo 2 extra serie (F4, F5). Las longitudes en las que se encuentran disponibles son: 19mm, 21mm, 25mm y 31mm. El tamaño del mango es de 11 mm, con lo que permite mejor visibilidad al acceso

Las tres limas de conformación son las encargadas de pre ensanchar el conducto radicular utilizando una técnica de cepillado y las de finalización debido a su flexibilidad permiten realizar la conformación más completa y detallada hasta la longitud de trabajo determinada (SIRONA 2020)

El diseño de punta que presenta es inactiva brindándole mayor seguridad para encontrar el camino del conducto radicular.

El diámetro en cada instrumento que tiene desde la punta al término de la parte activa es variable, siendo los siguientes:

Shaper X (SX): .19mm / .04

Finisher 2 (F2): .25mm / .08

Shaper 1 (S1):.17mm / .02

Finisher 3 (F3): .30mm / .09

Shaper 2 (S2): .20mm / .04

Finisher 4 (F4): .40mm / .06

Finisher 1 (F1): .20mm / .07

Finisher (F5): .50mm / .05

Los instrumentos de finalización tienen conicidades fijas entre D1 y D3 disminuyen progresivamente de D4 a D14 (Kaval, Capar, and Ertas 2016).

La sección que presenta es triangular y ligeramente convexa (ver cuadro 2: figura 2a y 2b), así como el tener una progresión en el cono mejora el corte y disminuye la fricción entre la lima y la dentina.

La velocidad y torque a la que trabaja cada instrumento es:

Shaper X (SX): 300 rpm / 4.0 Ncm

Shaper 1 (S1): 300 rpm / 4.0 Ncm

Shaper 2 (S2): 300 rpm / 1.5 Ncm

Finisher 1 (F1): 300 rpm / 1.5 Ncm

Finisher 2 (F2): 300 rpm / 3.0 Ncm

Finisher 3 (F3): 300 rpm / 3.0 Ncm

Finisher 4 (F4): 300 rpm / 3.0 Ncm

Finisher (F5): 300 rpm / 3.0 Ncm

E-flex Gold

Sistema rotatorio comercializado por la compañía de Eighteeth, como marca dental de Changzhou Sifary Technology Co. Fundada en el año 2016, teniendo pocos años en el comercio, se considera, según el fabricante como innovador. (Eighteeth)

El sistema de limas cuenta con un set de 7 instrumentos con tratamiento térmico NiTi tecnología gold, brindándole seguridad y gracias a su diseño de corte transversal triangular (ver cuadro 2: figura 1a y 1b) brinda resistencia a la fatiga cíclica para garantizar tratamientos seguros.

La punta del instrumento es inactiva reduciendo así, la formación de escalones, extrusión apical y minimizando la desviación del conducto.

Las longitudes son variables desde los 19 mm hasta los 31 mm. Teniendo las siguientes medidas según la conicidad: 17/.08, 19/.02, 15/.06, 20/.06, 25/.06, 30/.06 y 35/.06

La velocidad y torque sugerida de trabajo es de 350 rpm y 2 Ncm. (Eighteeth)

M3 Pro Gold

Sistema de limas fabricadas por la empresa United Dental Group, con poco tiempo en el mercado de procedencia en Changzhou, China (UDG 2020)

Cuenta con un total de 6 limas con tecnología gold para brindar mayor flexibilidad siguiendo la forma o curvatura del conducto radicular. Presenta un diseño de la punta no cortante, por lo que cada instrumento brinda seguridad en el desgaste del conducto radicular, además, incluye el electropulido para eliminar puntos de estrés en la superficie de la lima.

La velocidad de funcionamiento recomendado para los instrumentos es de 300 y 350 rpm, con un torque de 3.0 a 1.5 N.

Su tipo de corte transversal es en forma triangular convexo (ver cuadro 3: figura 3a y 3b). Se encuentran disponibles en 3 longitudes: 21mm, 25mm y 31mm. La secuencia y denominación de cada lima es el siguiente:

Instrumento	Conicidad/Taper
Orifice opener file	12%
Path file	2%
Path file	2%
Shaping file	5%
F1	6%
F2	4%

PLANTEAMIENTO DEL PORBLEMA

¿Existe diferencia en la cantidad de tiempo para producir la fractura del instrumento de los sistemas rotatorios mecanizados: *Protaper Gold*, *M3 Pro Gold* y *E-flex Gold*?

JUSTIFICACION

Debido a la gran cantidad de sistemas que se encuentran disponibles comercialmente y el conjunto de información emitida por cada casa comercial, promoviendo su sistema rotatorio como el ideal y a la gran diferencia de costos que existe entre cada uno de ellos, es importante evaluar los diferentes sistemas y hacer una comparación para determinar que instrumento ofrece mayor flexibilidad y pueda ayudar a cumplir con los requisitos para obtener éxito en el tratamiento endodóntico en un conducto curvo.

HIPOTESIS

Los instrumentos de Protaper Gold presentan una resistencia mayor a la fractura cíclica en comparación a los instrumentos rotatorios M3 Pro Gold y E-flex Gold, existiendo una diferencia significativa de tiempo entre los evaluados.

OBJETIVOS

General

Evaluar qué sistema de limas rotatorias presenta mayor resistencia a la fatiga cíclica.

Específico

Determinar el tiempo necesario de los diferentes sistemas en canales simulados para producir una fractura cíclica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de estudio

Cuantitativo.

Diseño de Estudio

Experimental in Vitro.

Población de Estudio

Población de estudio, sistemas a evaluar y su conicidad; las revoluciones por minuto y el torque que se utilizó. (Ver tabla 1).

Tabla 1: Características de los sistemas de limas para ejercer su trabajo

MUESTRA	INSTRUMENTO	CONICIDAD	RPM	TORQUE
20	Protaper Gold	25/.08	300	3 Ncm
20	M3 Pro Gold	25/.06	300	2 Ncm
20	E-flex Gold	25/.06	350	2 Ncm

Lugar de realización

Laboratorio de clínica de la Facultad de Odontología (UACH).

Criterios de Inclusión

Limas rotatorias nuevas obtenidas de su paquete

Limas rotatorias de longitud de 25mm

Conicidades empleadas .06 y .08

Criterios de Exclusión

- Limas rotatorias nuevas con alguna imperfección evidente

Metodología

La fase experimental constó de dos etapas:

Etapas 1

- Recopilación de los instrumentos rotatorios a utilizar (ver ilustración 1), motor de endodoncia (X-SMART PLUS, Dentsply Sirona), cronómetro, fabricación de platina de acero inoxidable en la cual se simuló 2 conductos con diferente angulación: 60° y 45°. Cada conducto se elaboró a una longitud de 30mm. La curvatura reproducida inició a los 17 mm de cada canal con una profundidad de 2 mm. La parte superior de toda la platina se cubrió por una cubierta de acrílico transparente removible, con el objetivo de visualizar la fractura de cada instrumento y poderlo retirar, además, un aditamento de soporte para el motor el cual permitía la inserción y retiro de los instrumentos. (Ver ilustración 2)

SISTEMA DE LIMAS

BLISTERS DE LIMAS



Ilustración 1: Instrumentos rotatorios mecanizados de tres marcas diferentes empleados en la experimentación.

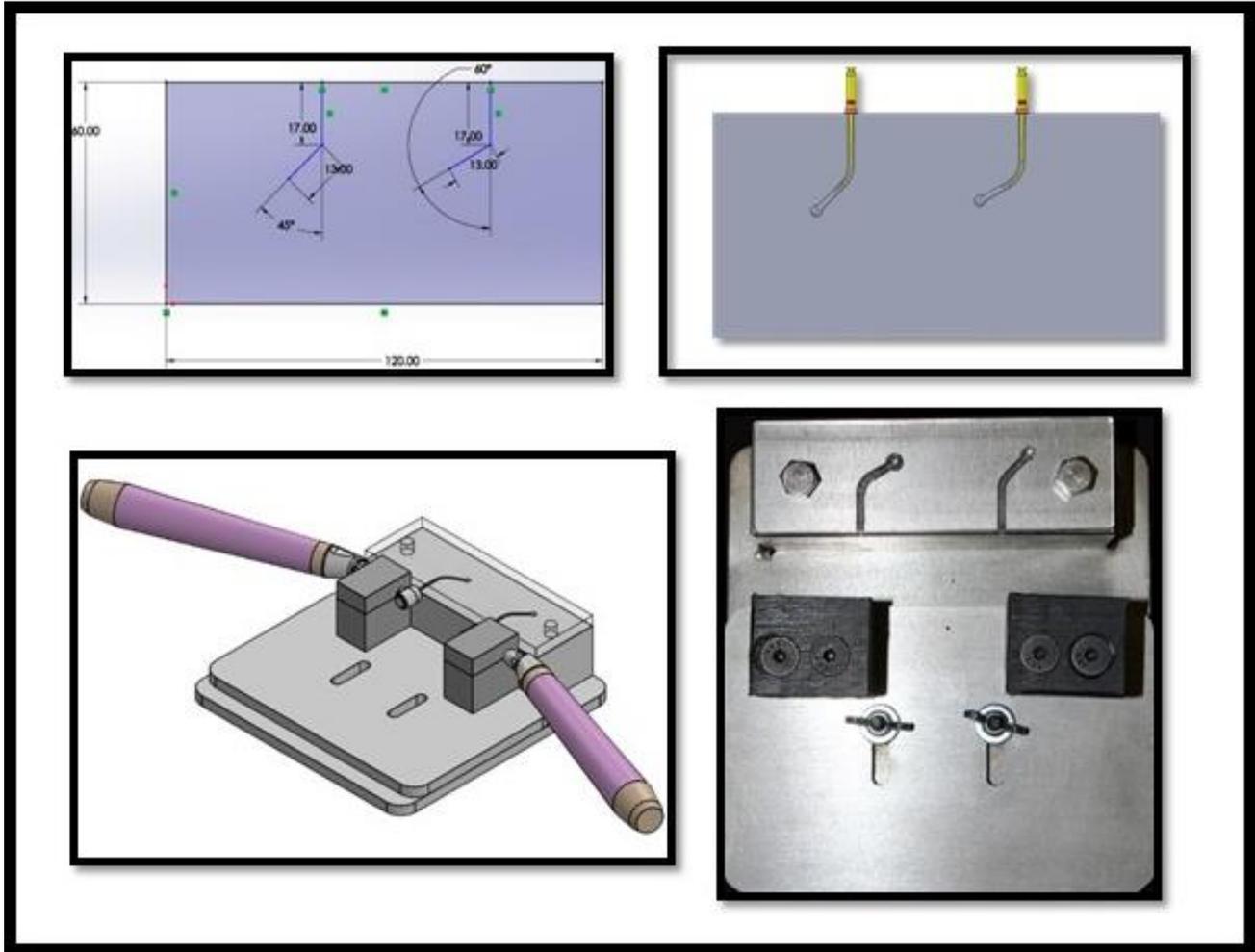


Ilustración 2: Diseño y fabricación de la platina de acero inoxidable.

Etapa 2 Protocolo de fractura del instrumento por fatiga cíclica.

Se empleó el motor X-SMART PLUS (Dentsply Sirona) para hacer girar el instrumento según las indicaciones de trabajo de cada fabricante. (Ver Ilustración 3)



Ilustración 3: Motor X SMART PLUS

Una vez que se estabilizó el motor al aditamento de la platina, se llevó a cabo el proceso experimental y obtención de datos: se emplearon 10 limas de cada sistema en cada conducto simulado quedando de la siguiente manera (Ver tabla 2):

Tabla 2 Distribución de las muestras en los conductos simulados

Conducto simulado a 60°		Conducto simulado a 45°	
MUESTRA	INSTRUMENTO	MUESTRA	INSTRUMENTO
10	Protaper Gold	10	Protaper Gold
10	M3 Pro Gold	10	M3 Pro Gold
10	E-flex Gold	10	E-flex Gold

TOTAL DE LA MUESTRA: 60 INSTRUMENTOS

Cada lima se colocó en la pieza de mano del motor y posteriormente se introdujo en el canal simulado para rotar de manera constante y libremente en el conducto fabricado hasta que se provocó la fractura de éste. (Ver cuadro 1)

El proceso de medición de tiempo se tomó con la ayuda de un cronómetro desde que fue activado cada instrumento dentro del conducto hasta que se efectuó la fractura, dato que se confirmó de manera visual.

60°	45°
<p data-bbox="203 472 381 504">E -flex Gold</p>  A close-up photograph of the E-flex Gold instrument tip, showing a dark, curved shaft with a yellow dashed line. The instrument is positioned at a 60-degree angle against a light-colored, textured background.	 A close-up photograph of the E-flex Gold instrument tip, showing a dark, curved shaft with a yellow dashed line. The instrument is positioned at a 45-degree angle against a light-colored, textured background.
<p data-bbox="203 980 414 1012">Protaper Gold</p>  A close-up photograph of the Protaper Gold instrument tip, showing a dark, curved shaft with a yellow dashed line. The instrument is positioned at a 60-degree angle against a light-colored, textured background.	 A close-up photograph of the Protaper Gold instrument tip, showing a dark, curved shaft with a yellow dashed line. The instrument is positioned at a 45-degree angle against a light-colored, textured background.

M3 Pro Gold



Cuadro 1 Simulación de instrumentación con los sistemas de limas rotatorios mecanizados en la platina de acero inoxidable y con la cubierta de acrílico.

RESULTADOS

En este estudio se utilizaron tres sistemas de instrumentación rotatoria: Protaper Gold (Dentsply Maillefer), M3 Pro Gold (United Dental Group) y E-flex Gold (Eighteeth); la prueba de evaluación para estos sistemas fue la siguiente:

- Tiempo de fractura cíclica

Análisis estadístico

En la tabla 3 y 4 se reportó media, desviación estándar, mínimo y máximo como estadística descriptiva. Para determinar la distribución de los datos se utilizó Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas se evaluó a través de la prueba de Levene. Se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) y la prueba Tukey como análisis post hoc para determinar diferencias entre los diferentes grupos. Se estableció una significancia estadística $p < 0.05$. Se utilizó el paquete estadístico SAS® Studio. (Ver tabla 3 y 4)

Tabla 3. Tiempo de fractura (segundos) de tres sistemas rotatorios colocados a 45°

Sistema rotatorio	RPM	Torque	Media (DE)	Min - Max	p
Protaper Gold	300	3 Ncm	1050.2 (31.1) ^a	995 – 1081	
M3-Pro Gold	300	2 Ncm	860.3 (40.8) ^b	801 – 922	<0.0001
E-Flex Gold	350	2 Ncm	910.8 (27.5) ^c	886 - 952	

En la tabla número 3 se muestran los valores de desviación estándar mínimo y máximo de tiempo para producir la fractura del instrumento. El sistema rotatorio mecanizado de Protaper Gold muestra mayor resistencia a la fractura cíclica con una media de 1050.2 (s), seguido de E-Flex Gold y de M3-Pro Gold. (Ver el gráfico 2).

En la tabla 4, muestra los valores correspondientes al tiempo en segundos para producir la fractura de los sistemas evaluados a 60°. Los sistemas Protaper Gold y M3-Pro Gold presentaron mayor tiempo para evidenciar la fractura, en cambio el sistema de E-Flex Gold si mostró diferencias estadísticamente significativas en relación con los otros dos sistemas evaluados. (Ver el gráfico 2).

Tabla 4. Tiempo de fractura (segundos) de tres sistemas rotatorios colocados a 60°

Sistema rotatorio	RPM	Torque	Media (DE)	Min - Max	p
Protaper Gold	300	3 Ncm	352.7 (23.9) ^a	314 – 378	
M3-Pro Gold	300	2 Ncm	373.5 (56.4) ^a	310 – 490	<0.0001
E-Flex Gold	350	2 Ncm	268.2 (31.5) ^b	225 - 332	

Los tiempos de fractura del total de los instrumentos fueron mayores a los 45° en comparación con los 60°. En cuanto a la dispersión de datos, en la angulación de 60° fue

mayor, pero hubo una coincidencia en la media y mediana, en cambio, a los 45° no fueron coincidentes. (Ver gráfico 1)

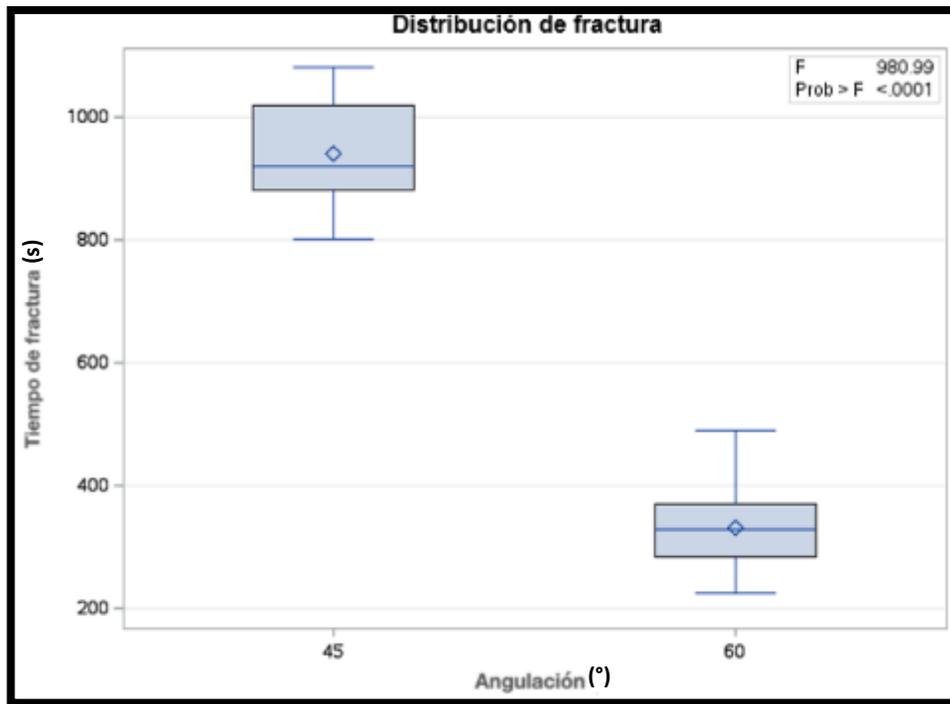


Gráfico 1 Distribución de fractura de los instrumentos.

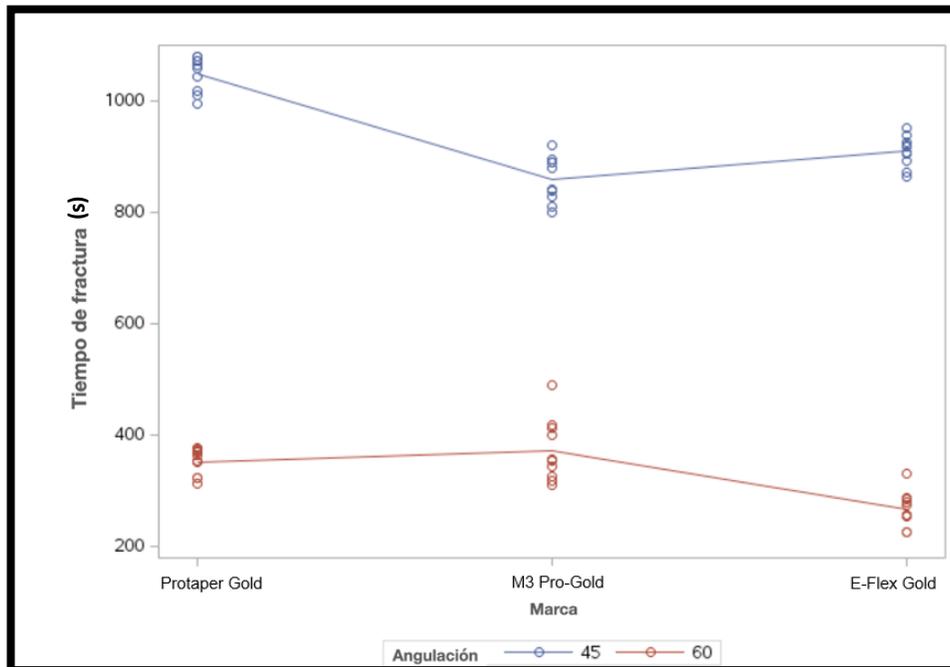


Gráfico 2 Tiempo de fractura clasificados según la casa comercial.

DISCUSION

Una de las preocupaciones durante el tratamiento de endodoncia es la fractura de la lima. Aunque existen una gran diversidad de factores que causan la separación del instrumento durante el uso, la fatiga cíclica es una de las principales y más preocupante, ya que el instrumento es empleado en conductos radiculares curvos incrementado la posibilidad de que esto suceda. (Shen et al. 2006) La fatiga cíclica ocurre cuando el instrumento se somete a ciclos repetidos de tensión y compresión generando un grieta en la estructura que se propaga hasta que se produce la fractura. (Larsen et al. 2009).

Según estudios previos informan que una influencia definitiva en la susceptibilidad de los instrumentos para fracturarse mecánicamente son las características estructurales, los diseños geométricos que tienen (Kuhn, Tavernier, and Jordan 2001) así como el radio y ángulo de la curva en la que son probados. (Yao, Schwartz, and Beeson 2006) Aunque otros dicen que la conformación transversal no es el determinante de la fractura. (Chaves Craveiro de Melo, Guiomar de Azevedo Bahia, and Lopes Buono 2002)

En este estudio comparó bajo las especificaciones de cada fabricante la resistencia a la fatiga cíclica por medio de 2 canales simulados en un bloque de acero inoxidable para probar tres instrumentos de la misma aleación: Protaper Gold, E-Flex Gold y M3-Pro Gold, este último con técnica de acondicionamiento de electropulido, en la que los fabricantes afirman que reduce las irregularidades de la superficie. (Kim et al. 2010) La sección transversal de dichos instrumentos es triangular ligeramente convexo y las conicidades empleadas fueron: .08 para Protaper Gold y .06 para E-Flex Gold y M3-Pro Gold.

Los resultados indicaron a los 45° una mayor resistencia a la fractura cíclica al sistema rotatorio Protaper Gold, pero al ser evaluado en el conducto simulado a 60° obtuvo el segundo lugar. Estudios previos realizados afirman que, al ser un instrumento con más diámetro de la sección transversal y al ser probado en una curvatura muy pronunciada, se ejerce más tensión sobre él y conduce a la fatiga cíclica con menor tiempo. (Lopes et al. 2007; Martins et al. 2022; Grande et al. 2006)

En el conducto simulado a 60° el sistema de la casa comercial de UDG M3-Pro Gold, obtuvo el mayor tiempo a la fractura, esto se puede atribuir que es un instrumento con menor masa (Martins et al. 2022) y que cuenta con un procesamiento de electropulido, el cual es un método de acondicionamiento de la superficie del instrumento propuesto por Kuhn y Jordan para mejorar la longevidad de las limas, reduciendo el daño y disminuyendo la cantidad de microfisuras y por lo tanto aumentando la resistencia a la fractura cíclica. (Larsen et al. 2009; Kim et al. 2010).

A pesar de ello, otros estudios revelaron que la resistencia a la fractura cíclica aún y con el acondicionamiento del instrumento, no es de beneficio para prolongar la vida del mismo. (Cheung, Shen, and Darvell 2007; Barbosa, Gomes, and de Araújo 2008)

Otro aspecto que tiene influencia en el proceso, es la diferencia de torque al que trabaja cada sistema. Sattapan evaluó diferentes sistemas rotatorios de Níquel-Titanio y determinó que cada uno de ellos se debe apegar a las indicaciones que nos refiere el fabricante, ya que, el instrumento trabaja por debajo de su límite y con ello reduce el riesgo de fractura. (Sattapan et al. 2000)

Hasta la fecha no hay una especificación estándar internacional que permita probar la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos rotatorios endodónticos. Como consecuencia a esto, en el 2009, se realizó un estudio en el que estuvieron utilizando diferentes dispositivos como son: tubos de vidrio o metal, barras y bloques de acero inoxidable ranurados con la finalidad de investigar la resistencia a la fractura cíclica en el cual determinaron que el acero inoxidable es el material que más resiste pero no hubo una uniformidad en el comportamiento de la fatiga cíclica de los instrumentos. (Plotino et al. 2009)

CONCLUSIONES

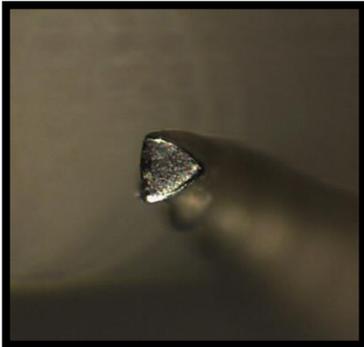
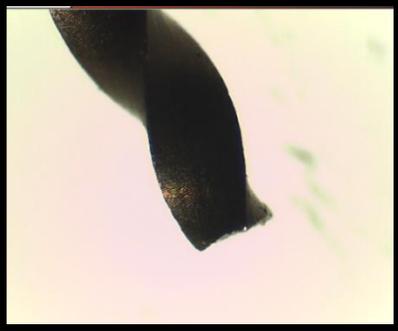
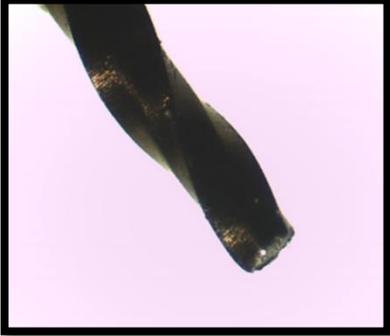
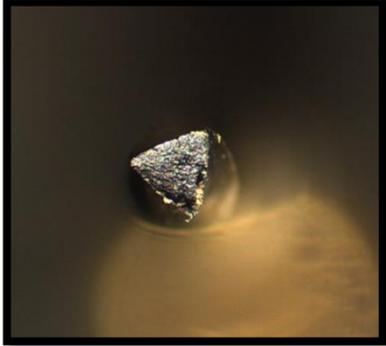
1. Los instrumentos rotatorios Protaper Gold demostraron tener mejor resistencia a la fractura cíclica a los 45° en comparación con M3-Pro Gold y E-flex Gold.
2. Al tener una curvatura más marcada a 60°, el sistema de M3-Pro Gold presenta una similitud de comportamiento al sistema Protaper Gold.
3. El sistema E-flex Gold en ambas curvaturas (45° y 60°) mostró ser deficiente.
4. Ningún estudio ha comparado la resistencia a la fractura cíclica entre los instrumentos Protaper Gold, E-flex Gold y M3 Pro Gold por lo que se sugiere investigaciones adicionales que evalúen otras propiedades de los instrumentos mencionados anteriormente.

LITERATURA CITADA

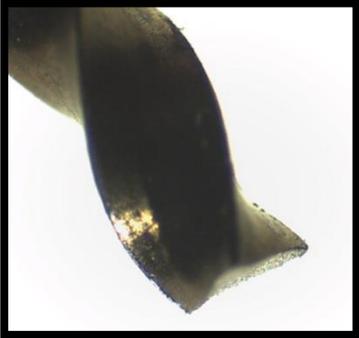
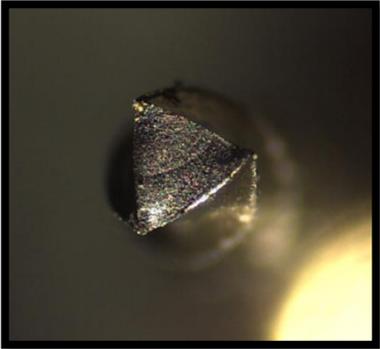
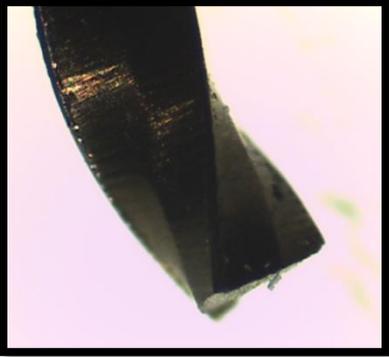
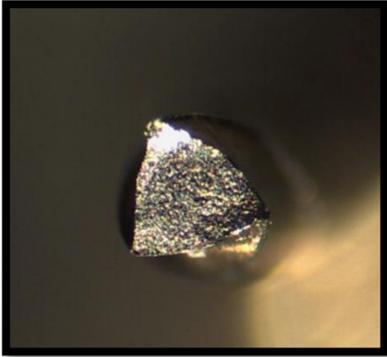
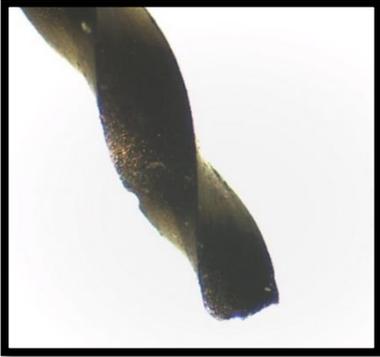
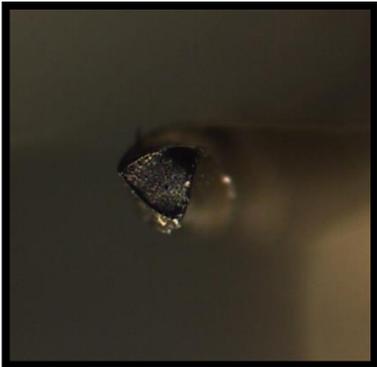
- Barbosa, F. O., J. A. Gomes, and M. C. de Araújo. 2008. 'Influence of electrochemical polishing on the mechanical properties of K3 nickel-titanium rotary instruments', *J Endod*, 34: 1533-6.
- Chaves Craveiro de Melo, M., M. Guiomar de Azevedo Bahia, and V. T. Lopes Buono. 2002. 'Fatigue resistance of engine-driven rotary nickel-titanium endodontic instruments', *J Endod*, 28: 765-9.
- Cheung, G. S., Y. Shen, and B. W. Darvell. 2007. 'Does electropolishing improve the low-cycle fatigue behavior of a nickel-titanium rotary instrument in hypochlorite?', *J Endod*, 33: 1217-21.
- Daugherty, D. W., T. G. Gound, and T. L. Comer. 2001. 'Comparison of fracture rate, deformation rate, and efficiency between rotary endodontic instruments driven at 150 rpm and 350 rpm', *J Endod*, 27: 93-5.
- Duque, Jussaro Alves, Clovis Monteiro Bramante, Marco Antonio Hungaro Duarte, Murilo Priori Alcalde, Emmanuel João Nogueira Leal Silva, and Rodrigo Ricci Vivan. 2020. 'Cyclic Fatigue Resistance of Nickel-Titanium Reciprocating Instruments after Simulated Clinical Use', *Journal of Endodontics*, 46: 1771-75.
- Eighteeth. 'E-Flex Gold'. <https://www.eighteeth.com/Endo-File/32.html>.
- Grande, N. M., G. Plotino, R. Pecci, R. Bedini, V. A. Malagnino, and F. Somma. 2006. 'Cyclic fatigue resistance and three-dimensional analysis of instruments from two nickel-titanium rotary systems', *Int Endod J*, 39: 755-63.
- Hargreaves, K.M., L.H. Berman, and S. Cohen. 2011. *Cohen. Vías de la Pulpa + ExpertConsult* (Elsevier Health Sciences Spain).
- Hülsmann, M., D. Donnermeyer, and E. Schäfer. 2019. 'A critical appraisal of studies on cyclic fatigue resistance of engine-driven endodontic instruments', *Int Endod J*, 52: 1427-45.
- Kaval, M. E., I. D. Capar, and H. Ertas. 2016. 'Evaluation of the Cyclic Fatigue and Torsional Resistance of Novel Nickel-Titanium Rotary Files with Various Alloy Properties', *J Endod*, 42: 1840-43.
- Keskin, C., U. Inan, D. H. Guler, and E. Kalyoncuoğlu. 2018. 'Cyclic Fatigue Resistance of XP-Endo Shaper, K3XF, and ProTaper Gold Nickel-titanium Instruments', *J Endod*, 44: 1164-67.
- Kim, Hyeon-Cheol, Jiwan Yum, Bock Hur, and Gary Shun-Pan Cheung. 2010. 'Cyclic Fatigue and Fracture Characteristics of Ground and Twisted Nickel-Titanium Rotary Files', *Journal of Endodontics*, 36: 147-52.
- Kramkowski, T. R., and J. Bahcall. 2009. 'An in vitro comparison of torsional stress and cyclic fatigue resistance of ProFile GT and ProFile GT Series X rotary nickel-titanium files', *J Endod*, 35: 404-7.
- Kuhn, G., B. Tavernier, and L. Jordan. 2001. 'Influence of structure on nickel-titanium endodontic instruments failure', *J Endod*, 27: 516-20.
- Larsen, C. M., I. Watanabe, G. N. Glickman, and J. He. 2009. 'Cyclic fatigue analysis of a new generation of nickel titanium rotary instruments', *J Endod*, 35: 401-3.
- Leonardo, Mario Roberto. 2005. *ENDODONCIA. TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES. PRINCIPIOS TÉCNICOS Y BIOLÓGICOS*. (Sao Paulo).
- Lopes, H. P., E. J. Moreira, C. N. Elias, R. A. de Almeida, and M. S. Neves. 2007. 'Cyclic fatigue of ProTaper instruments', *J Endod*, 33: 55-7.

- Maisto, Oscar. 1978. *ENDODONCIA* (Buenos Aires).
- Martins, J. N. R., R. F. Martins, F. M. Braz Fernandes, and Ejni Silva. 2022. 'What Meaningful Information Are the Instruments Mechanical Testing Giving Us? A Comprehensive Review', *J Endod*, 48: 985-1004.
- McSpadden, John. 2007. *Mastering the concepts* (Chattanooga, TN: Cloudland Institute).
- Ostrander, F. D. 1967. 'The practice of endodontics: past, present, and future', *J Dent Educ*, 31: 386-8.
- Pedullà, Eugenio, Giusy Rita Maria La Rosa, Chiara Virgillito, Ernesto Rapisarda, Hyeon-Cheol Kim, and Luigi Generali. 2020. 'Cyclic Fatigue Resistance of Nickel-titanium Rotary Instruments according to the Angle of File Access and Radius of Root Canal', *Journal of Endodontics*, 46: 431-36.
- Peters, O. A. 2004. 'Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review', *J Endod*, 30: 559-67.
- Peters, O. A., M. G. de Azevedo Bahia, and E. S. Pereira. 2017. 'Contemporary Root Canal Preparation: Innovations in Biomechanics', *Dent Clin North Am*, 61: 37-58.
- Plotino, G., N. M. Grande, M. Cordaro, L. Testarelli, and G. Gambarini. 2009. 'A review of cyclic fatigue testing of nickel-titanium rotary instruments', *J Endod*, 35: 1469-76.
- Sattapan, B., G. J. Nervo, J. E. Palamara, and H. H. Messer. 2000. 'Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use', *J Endod*, 26: 161-5.
- Shen, Y., G. S. Cheung, Z. Bian, and B. Peng. 2006. 'Comparison of defects in ProFile and ProTaper systems after clinical use', *J Endod*, 32: 61-5.
- Shen, Y., H. M. Zhou, Y. F. Zheng, B. Peng, and M. Haapasalo. 2013. 'Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments', *J Endod*, 39: 163-72.
- Silva, Ejni, V. T. L. Vieira, F. Hecksher, M. R. S. Dos Santos Oliveira, H. Dos Santos Antunes, and E. J. L. Moreira. 2018. 'Cyclic fatigue using severely curved canals and torsional resistance of thermally treated reciprocating instruments', *Clin Oral Investig*, 22: 2633-38.
- SIRONA, DENSPLY. 2020. 'Protaper Gold'. https://www.dentsply.com/content/dam/dentsply/pim/manufacture/Endodontics/Glide_Path_Shaping/Rotary_Reciprocating_Files/Shaping/ProTaper_Gold_Rotary_Files/ProTaper-Gold-Brochure-p7btcwy-en-1502.pdf.
- Torabinejad, M., and R.E. Walton. 2010. *Endodoncia. Principios y práctica + DVD-ROM, 4a ed* (Elsevier).
- UDG. 2020. 'm3 Pro Gold'. http://www.udg-dental.com/wap/list/?70_1.html.
- Ullmann, C. J., and O. A. Peters. 2005. 'Effect of cyclic fatigue on static fracture loads in ProTaper nickel-titanium rotary instruments', *J Endod*, 31: 183-6.
- Walia, H. M., W. A. Brantley, and H. Gerstein. 1988. 'An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files', *J Endod*, 14: 346-51.
- Yao, J. H., S. A. Schwartz, and T. J. Beeson. 2006. 'Cyclic fatigue of three types of rotary nickel-titanium files in a dynamic model', *J Endod*, 32: 55-7.

ANEXOS

LIMA FRACTURADA A 60°	VISTA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL CORTE A 35X
<p data-bbox="203 310 418 373">Figura 1a E-FLEX GOLD</p>  Una imagen de una lima dental E-FLEX GOLD que ha sido fracturada a un ángulo de 60 grados. La lima es oscura y se muestra contra un fondo de color lavanda claro.	<p data-bbox="824 310 971 342">Figura 1b</p>  Una imagen de alta magnificación (35X) que muestra la sección transversal del corte de la lima E-FLEX GOLD. Se puede observar la estructura metálica y el ángulo de fractura.
<p data-bbox="203 756 483 819">Figura 2a PROTAPER GOLD</p>  Una imagen de una lima dental PROTAPER GOLD que ha sido fracturada a un ángulo de 60 grados. La lima es oscura y se muestra contra un fondo de color amarillo claro.	<p data-bbox="824 756 971 787">Figura 2b</p>  Una imagen de alta magnificación (35X) que muestra la sección transversal del corte de la lima PROTAPER GOLD. Se puede observar la estructura metálica y el ángulo de fractura.
<p data-bbox="203 1239 430 1302">Figura 3a M3 PRO GOLD</p>  Una imagen de una lima dental M3 PRO GOLD que ha sido fracturada a un ángulo de 60 grados. La lima es oscura y se muestra contra un fondo de color lavanda claro.	<p data-bbox="824 1239 971 1270">Figura 3b</p>  Una imagen de alta magnificación (35X) que muestra la sección transversal del corte de la lima M3 PRO GOLD. Se puede observar la estructura metálica y el ángulo de fractura.

Cuadro 2. Imágenes de limas fracturadas a 60° según el sistema rotatorio mecanizado, obtenidas con el estereomicroscopio LEICA.

LIMA FRACTURADA A 45°	VISTA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL CORTE A 35X
<p data-bbox="204 268 418 338">Figura 1a E-FLEX GOLD</p> 	<p data-bbox="821 268 971 302">Figura 1b</p> 
<p data-bbox="204 745 451 814">Figura 2a PROTAPEGOLD</p> 	<p data-bbox="821 745 971 779">Figura 2b</p> 
<p data-bbox="204 1222 428 1291">Figura 3a M3 PRO GOLD</p> 	<p data-bbox="821 1222 971 1255">Figura 3b</p> 

Cuadro 3. Imágenes de limas fracturadas a 45° según el sistema rotatorio mecanizado obtenidas con el estereomicroscopio LEICA.

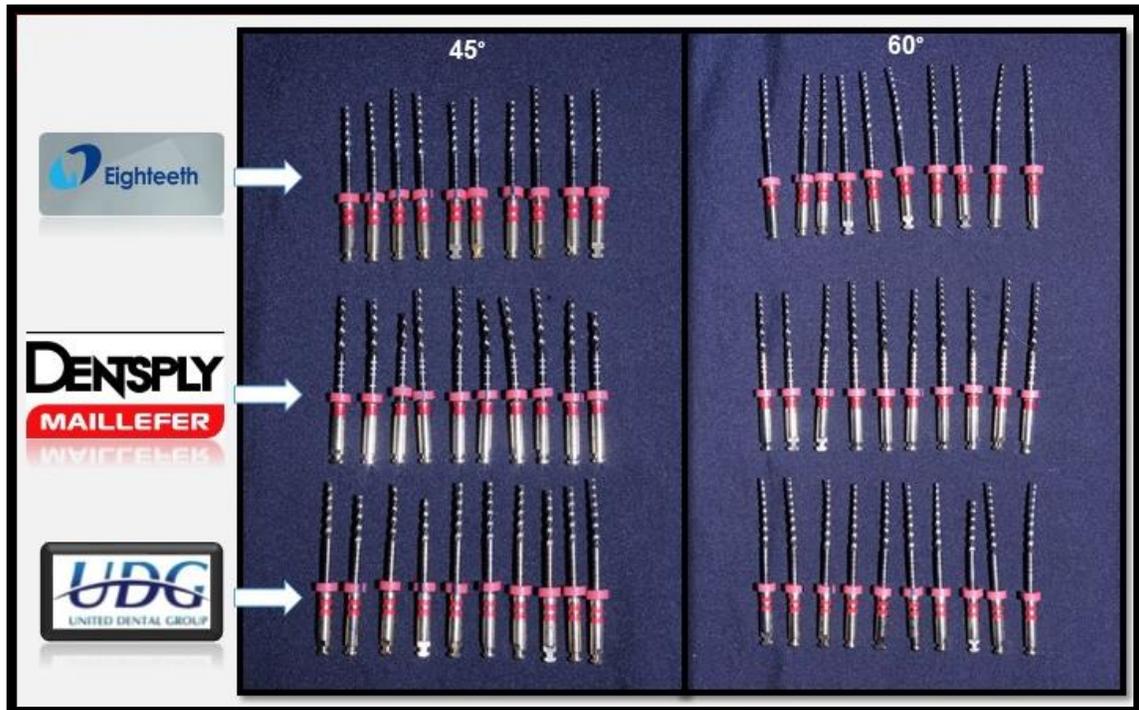


Ilustración 4. Instrumentos fracturados