



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA

**INFLUENCIA DE LOS MOVIMIENTOS
ROTATORIOS Y RECIPROCANTES
SOBRE LA RESISTENCIA DE DOS
INSTRUMENTOS DE NIQUEL TITANIO**

Tesis para obtener el título de Especialista en
Endodoncia

Juan José Díaz Julcapoma

Lima – Perú

2018

ASESOR

C.D. Esp. Carlos Mendiola Aquino

Departamento Académico de Clínica Odontológica

JURADO EXAMINADOR

Presidente : Allison Chávez Alayo
Secretario : Carlos Lugo Palmadera
Miembro : César Ávalos Diánderas

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 20 de marzo del 2018

CALIFICATIVO : APROBADO

DEDICATORIA

A Dios por permitirme cumplir mis objetivos y metas
con salud y bienestar emocional profesional.

A mis padres; por el esfuerzo realizado día a día
y por el apoyo incondicional, consejos y más en pro
de convertirme en la persona que soy ahora.

A mis hermanos y familiares; que siempre están
en el momento más oportuno en las buenas
y malas.

A mis maestros; por su perseverante y paciente
entrega en mi formación académica profesional.

AGRADECIMIENTOS

- A mi asesor; profesor Carlos Mendiola por su paciencia y guía en esta investigación.
- Al profesor Roberto León por su predisposición y ayuda desinteresada en la elaboración de esta investigación.
- A mi amigo y co-residente Tony Luján, quien fue parte fundamental en la ejecución de esta investigación.

RESUMEN

Objetivo: El objetivo del presente estudio es comparar la resistencia a la fatiga cíclica de las limas Mtwo y Unicone utilizadas en movimientos de rotación continua y movimientos reciprocantes.

Métodos: Se evaluaron un total de 40 limas con movimientos reciprocantes (Unicone) y rotación continua (Mtwo) en un dispositivo estático de prueba para fatiga cíclica. Se seleccionaron 20 instrumentos reciprocantes Unicone y 20 instrumentos de rotación continua Mtwo de calibre ISO 25 en la punta y un taper 0.06. Estos instrumentos de 25 mm de longitud se dividieron en cuatro grupos (n=10) en base al movimiento evaluado: Mtwo rotación continua (grupo 1: 300 rpm), Mtwo movimiento reciprocante en modo “RECIPROC ALL” del motor VDW.SILVER RECIPROC (grupo 2), Unicone rotación continua (grupo 3: 300 rpm) y Unicone movimiento reciprocante en modo “RECIPROC ALL” del motor VDW.SILVER RECIPROC (grupo 4).

Resultados: Al utilizar la prueba T de Student para comparar el tipo de movimiento y las limas evaluadas, se encontraron diferencias estadísticamente significativas a favor del movimiento reciprocante comparado con el movimiento rotatorio continuo. No hubo diferencia estadísticamente significativa cuando se tomó como variable independiente al tipo de lima en ambos movimientos. Sin embargo, al considerar el movimiento clínico apropiado para cada sistema, Mtwo evidenció menor resistencia a la fatiga cíclica, de manera significativa.

Conclusiones: Dentro de las limitaciones de este estudio, las limas de los sistemas Unicone y Mtwo fueron más resistentes a la fatiga cíclica en movimiento reciprocante al compararlo con el movimiento rotatorio continuo. Ningún sistema tuvo mayor resistencia a la fatiga cíclica que el otro en ambos movimientos. Teniendo en cuenta el movimiento cíclico apropiado para cada sistema, las limas Unicone accionada en movimiento reciprocante tienen mayor resistencia a la fatiga cíclica que las limas Mtwo, las cuales son accionadas en movimiento de rotación continua según los fabricantes.

PALABRAS CLAVE: Endodoncia, Fatiga cíclica, Mtwo, Unicone, fractura.

SUMMARY

Objective: The purpose of the present study is to compare the resistance to cyclic fatigue of Mtwo and Unicone files used in continuous rotary motion and reciprocating motion.

Methods: A total of 40 files with reciprocating motion (Unicone) and continuous rotary motion (Mtwo) in a static test device for cyclic fatigue were evaluated. 20 Unicone reciprocating files and 20 Mtwo rotary files (ISO size = 25, taper = 0.06, length = 25 mm) were selected. These instruments were divided into four groups (n = 10) based on the evaluated movement: Mtwo continuous rotary motion (group 1: 300 rpm), Mtwo reciprocating motion in "RECIPROC ALL" mode of VDW.SILVER RECIPROC engine (group 2), Unicone continuous rotary motion (group 3: 300 rpm) and Unicone reciprocating motion in "RECIPROC ALL" mode of VDW.SILVER RECIPROC engine (group 4).

Results: The Student's T test was used to compare the type of movement and the files evaluated, significant statistically differences were found in favor of reciprocating movement compared with continuous rotary motion. There was no significant statistically difference when the type of file in both movements was taken as an independent variable. However, when considering the appropriate clinical motion for each system, Mtwo showed less resistance to cyclic fatigue, significantly.

Conclusions: Within the limitations of this study, the files of Unicone and Mtwo systems were more resistant to cyclic fatigue in reciprocating motion when compared to continuous rotary motion. No system had greater resistance to cyclic fatigue than the other in both movements. Taking into account the appropriate cyclic motion for each system, the Unicone files driven in reciprocating motion have greater resistance to cyclic fatigue than Mtwo files, which are driven in continuous rotation movement according to the manufacturers.

KEY WORDS: Endodontics, Cyclic fatigue, Mtwo, Unicone, fracture.

LISTA DE CONTENIDOS

| | Pág. |
|--|-------------|
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN | 4 |
| II.1. Planteamiento de problema | 4 |
| II.2. Justificación | 4 |
| III. MARCO TEÓRICO | 6 |
| IV. OBJETIVOS | 13 |
| IV.1 Objetivo General | 13 |
| IV.2 Objetivos Específicos | 13 |
| V. HIPÓTESIS | 14 |
| VI. MATERIAL Y MÉTODOS | 15 |
| VI.1. Diseño del estudio | 15 |
| VI.2 Población | 15 |
| VI.3 Muestra | 15 |
| VI.4 Criterios de selección | 15 |
| VI.5 Variables | 16 |
| VI.6 Técnicas y/o procedimientos | 21 |
| VI.7 Consideraciones Éticas | 23 |
| VI.8 Plan de análisis | 23 |
| VII. RESULTADOS | 24 |
| VIII. DISCUSIÓN | 27 |
| IX. CONCLUSIONES | 32 |
| X. REFERENCIAS | 33 |
| ANEXOS | 35 |

INTRODUCCIÓN

Las limas de níquel titanio (NiTi) son comúnmente usadas en la práctica endodóntica contemporánea. Estas limas proporcionan muchas ventajas sobre las limas de acero inoxidable dentro de las cuales destacan su flexibilidad y elasticidad.¹ Las propiedades de la aleación de níquel titanio ocurren como resultado de la transición de la fase austenita a la fase martensita, que a su vez se debe a que la aleación tiene una capacidad inherente para modificar su tipo de enlace atómico.² En la práctica endodóntica, se afronta una variada cantidad de accidentes inesperados en los procedimientos y obstáculos a la rutina normal de tratamiento, en cualquiera de sus etapas. Uno de esos problemas de procedimiento es la separación de instrumentos dentro del conducto radicular.³ La remoción de instrumentos separados en los conductos radiculares en la mayoría de los casos es difícil y a veces imposible,⁴ aún en manos experimentadas, éste es un problema que puede ocurrir y frustrar el trabajo del operador así como las expectativas del paciente.⁵ La fractura de instrumentos utilizados en movimientos rotatorios ocurren de dos distintas formas: fractura por torsión y por fatiga flexural.⁶ Sin embargo, y más frecuentemente, es la combinación de las dos formas la que produce la fractura de los instrumentos rotatorios de níquel titanio.^{7,8} La fractura por fatiga ocurre por compresión continua y fuerzas tensionales acumuladas en el punto de máxima flexión de un instrumento rotando en un conducto curvo.⁹ Por otro lado, la fractura por torsión ocurre cuando la punta del instrumento o parte de éste se bloquea en el conducto mientras éste sigue rotando.¹⁰ Para aumentar la seguridad durante la instrumentación endodóntica, se viene investigando más con el fin de incrementar la resistencia a la separación de las limas, en la actualidad por

ejemplo algunas modificaciones se vienen realizando tales como tratamientos térmicos o de superficie.^{11,12} Otra alternativa para incrementar la resistencia a la fatiga cíclica es el uso de instrumentos de níquel titanio en movimientos reciprocantes.¹³ Dichos instrumentos utilizados con este tipo de movimiento han sido propugnados de reducir el riesgo a la fractura durante la instrumentación.¹⁴ Se propone al movimiento recíprocante por trabajar siempre por debajo del límite elástico del instrumento y de esta manera extender la vida del mismo comparado con su uso en movimiento rotatorio convencional.¹⁵⁻¹⁷ La información disponible que compara el comportamiento y la fatiga cíclica de los instrumentos de níquel – titanio utilizados en movimientos reciprocantes y rotatorios es controversial. La mayoría de estos diseños de investigación evalúan estas limas en condiciones estáticas, no tomando en cuenta el efecto del movimiento de ida y vuelta aplicado en el campo clínico. Investigaciones recientes sustentan que los movimientos cinemáticos influyen directamente en el comportamiento a la fatiga cíclica de los instrumentos rotatorios de níquel – titanio.¹⁸ Por otra parte, se ha demostrado que el movimiento recíprocante le brinda una vida más larga a los instrumentos independientemente de la aleación de la cual que hayan sido fabricados.¹⁹ Las limas del sistema Mtwo (VDW, Munich, Germany) han demostrado en varios estudios una resistencia a la fatiga cíclica alta en ambos movimientos, tanto rotatorios^{2,20} como reciprocantes.¹⁶ El sistema UniCone (Medin, Novè Mesto na Morave, Czech Republic) posee dentro de su diseño una punta inactiva, una sección transversal triangular variable y un tipo propio de movimiento recíprocante de acuerdo al fabricante, sin embargo, más estudios son requeridos para evaluar la resistencia a la fatiga cíclica de este instrumento.²¹ El propósito de este estudio es demostrar que no existe diferencia en la resistencia a

la fatiga cíclica de los instrumentos de níquel titanio Mtwo y UniCone, evaluados con ambos tipos de movimientos.

II. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

II.1. Planteamiento de problema

La separación de instrumentos endodónticos dentro del tratamiento de conductos es catalogada como un accidente muy común tanto en manos expertas como principiantes que pueden frustrar las expectativas de tratamiento tanto del profesional como del paciente, ya que podría impedir la correcta preparación biomecánica y esto a su vez convertirse en el fracaso del tratamiento de conductos. Muchos estudios in vitro han tratado de investigar la resistencia a la fatiga cíclica de los diversos sistemas de NiTi bajo muchos parámetros de investigación con el fin de tener una idea aplicable en el ambiente clínico, pero existen pocos estudios que evalúen la resistencia de las limas UniCone (Medin, Novè Mesto na Morave, Czech Republic), así el propósito de este estudio es evaluar y comparar con la resistencia del sistema Mtwo (VDW, Munich, Germany) en movimientos recíprocos y rotatorios, ya que se ha demostrado que el sistema Mtwo es uno de los más resistentes en ambos movimientos, inclusive mejor que las limas fabricadas para uso de movimiento recíproco.^{2,20}

La pregunta planteada en esta investigación es la siguiente: ¿Existe diferencia en la resistencia a la fatiga cíclica de dos sistemas de NiTi utilizando movimientos de rotación continua o recíproca?

II.2. Justificación

La relevancia de este estudio radica en tener una aproximación de la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos de NiTi en evaluación y su aplicación en el

ambiente clínico, ya que estos resultados brindarán cierto grado de seguridad a los operadores al ejecutar los procedimientos en la preparación biomecánica de su práctica clínica. Sin embargo, hay que tener en cuenta las limitaciones que conlleva este estudio en vitro, como las muy variadas aberraciones anatómicas de los conductos radiculares, la presión ejercida por el operador, la dirección de introducción del instrumento y sobre todo la inviabilidad metodológica para evaluar todas las propiedades de las limas de níquel titanio en un mismo diseño de investigación. Es por ello que, a pesar de aplicar movimientos para los cuales las limas a evaluar no han sido diseñadas; debemos entender que es parte de la evaluación de la fatiga cíclica de los instrumentos. Asimismo, no existen estudios que hayan medido la resistencia a la fatiga cíclica en las limas reciprocantes Unicone, y al ser una lima nueva en el mercado peruano es trascendental conocer todos los aspectos necesarios para su uso. Asimismo, se buscará mejorar el trabajo realizado en las escuelas de posgrado, lo cual influirá notoriamente en la calidad de trabajo clínico de nuestros odontólogos generales y especialistas.

III. MARCO TEÓRICO

La aleación de níquel – titanio viene siendo utilizada en la fabricación de instrumentos de endodoncia en los últimos años. Estas aleaciones poseen una gran resistencia y un módulo de elasticidad menor comparado con las aleaciones de acero inoxidable. El comportamiento superelástico de los alambres de Nitinol consiste en poder volver a su forma original luego de la deformación. Estas propiedades son de interés en la endodoncia y permiten la elaboración de instrumentos para conductos radiculares que utilicen estas favorables características para brindar ventajas al preparar conductos curvos.²² Las propiedades de la aleación de níquel – titanio ocurren como resultado de la transición de la fase austenita a la fase martensita, que a su vez se debe a que la aleación tiene una capacidad inherente para modificar su tipo de enlace anatómico.²³ La fractura resulta del uso incorrecto y/o prolongado del instrumento endodóntico.²⁴ Cuando un instrumento se separa en un sistema de conductos radiculares, son necesarias dos cuestiones para maximizar el resultado del tratamiento a largo plazo; la primera es la existencia de un fragmento de un metal dentro del diente y la posibilidad de corrosión. La otra preocupación principal es que un instrumento separado generalmente impide o bloquea el acceso al final apical y por lo tanto pone en peligro la eficacia de la limpieza y los procedimientos de conformación, lo que puede afectar el resultado final del tratamiento.

Factores de operador

La separación de un instrumento es un incidente frustrante que coloca al clínico bajo estrés y posibles litigios, lo que puede provocar que él o ella intenten retirar el fragmento. Sin embargo, uno de los requisitos más importantes para el manejo de tales casos es adoptar un enfoque metodológico medido con suma paciencia por parte del operador. Además, la eliminación con éxito es un reto que se basa en el conocimiento, la formación, la familiaridad con las técnicas e instrumentos, la perseverancia y la creatividad.^{25,26} Es importante subrayar que un operador experimentado no sólo puede retirar el instrumento separado, sino también sacrificar innecesariamente tejido del diente.²⁷ Si un odontólogo cree que él o ella no tienen la competencia para la remoción exitosa, y además no cuentan con el equipo e instrumental especializado, es necesario remitir al paciente a un especialista.

Factores del paciente

Algunos factores del paciente, tales como el grado de apertura de la boca, las limitaciones en el acceso al diente, las limitaciones de tiempo, el nivel de ansiedad, y la motivación para mantener los dientes son importantes. Explicar y discutir la complejidad de los procedimientos y sus posibles complicaciones al paciente antes del tratamiento, puede aliviar muchos de sus temores.⁵

La separación inesperada de los instrumentos rotatorios de NiTi en el interior del conducto radicular durante el tratamiento del conducto radicular es un motivo de

grave preocupación. Varios factores contribuyen a la fractura de los instrumentos,²⁸ y es importante entender el correcto uso clínico:²⁹

- La práctica antes de realizar los procedimientos en pacientes, es esencial en el aprendizaje de nuevas técnicas y nuevos instrumentos.
- El tiempo de instrumentación no debe ser apresurado.
- Deben evitarse los movimientos bruscos y repentinos.
- Utilizar una fuerza ligera y no forzar el instrumento.
- La acción de impulsión-retracción (es decir, movimiento de picoteo), con movimientos tan grandes como el conducto lo permita debido a sus características especiales anatómicas y del diseño del instrumento que se emplee.
- Las limas deben ser examinadas regularmente durante su uso, preferiblemente con magnificación y desecharse si están distorsionadas.
- Las limas se deben reemplazar lo más pronto posible después de su uso en conductos muy estrechos y muy curvados.
- La trayectoria de deslizamiento y la permeabilidad siempre deben obtenerse con limas pequeñas (por lo menos # 10) manuales.
- Se debe establecer un acampanamiento mínimo con el tamaño de la punta del primer instrumento rotatorio de NiTi a utilizar.
- La lima no se debe mantener en un solo lugar, en particular en conductos curvos, y con instrumentos largos y de gran conicidad.

La fractura de los instrumentos rotatorios utilizados se puede producir de dos maneras diferentes: torsión y la fatiga por flexión³⁰ La fractura torsional se

produce cuando la punta del instrumento o cualquier otra parte del mismo se bloquean dentro del conducto mientras el vástago continúa girando. Cuando el torque ejercido por la pieza de mano supera el límite elástico del metal, la fractura de la punta se vuelve inevitable.³¹ Los instrumentos fracturados debido a cargas de torsión a menudo llevan signos específicos tales como deformación plástica.³⁰ La fractura por fatiga se produce a través de la flexión debido a la fatiga del metal. El instrumento gira libremente en una curvatura, generando ciclos de tensión/compresión en el punto de máxima flexión hasta que la fractura se produce.³² Si un instrumento se mantiene en una posición estática y continúa girando, la mitad del eje del instrumento en el exterior de la curva se encuentra en tensión, mientras que la otra mitad del eje en el interior de la curva está en compresión. Este ciclo tensión/compresión continua, causado por la rotación dentro de un conducto curvo, aumenta la fatiga cíclica del instrumento en el tiempo y puede ser un factor importante en la fractura del instrumento.^{3,31} Tanto el área de la sección transversal y el diseño de la lima (influyen en la distribución de la tensión durante la carga) puede afectar la resistencia de fractura de un instrumento cuando se somete a una carga de flexión y torsión. Se ha encontrado que los instrumentos con diámetros mayores sucumben a la fatiga por flexión antes que aquellos con diámetros más pequeños,³³ y que parecen tener mayor acumulación de tensión interna.³⁴ Sin embargo, un aumento del diámetro del instrumento y su correspondiente incremento en el área de la sección transversal puede contribuir a una mayor resistencia a la fractura torsional.³ Modelos matemáticos para evaluar el efecto del diseño de los instrumentos rotatorios de NiTi han llegado a la conclusión que los instrumentos con un diseño de estría en U y un área de sección transversal más pequeña eran más flexibles que el diseño

de triple hélice triangular, pero más débil cuando se somete a fuerzas de torsión.^{35, 36} La resistencia de los instrumentos rotatorios a la fatiga cíclica es afectada durante las pruebas de laboratorio por el ángulo y el radio de una curvatura simulada. El aumento de la severidad en el ángulo y el radio pequeño de las curvaturas en las cuales el instrumento gira disminuyen la vida útil del instrumento.^{32, 33, 37} Los instrumentos han sido probados en los conductos que tienen radios de 2, 5 y 10 mm, con la conclusión que, a menor radio, más corta es la vida del instrumento al girar.^{32, 33, 37} Los estudios de fatiga cíclica han utilizado 30°, 45°, 60° y 90° de curvatura demostrando que cuanto mayor es el ángulo de curvatura, menor es la resistencia de los instrumentos a la fatiga cíclica.³² Del mismo modo, varios estudios han demostrado que un incremento del diámetro del instrumento en el punto de máxima curvatura, que es determinada por el tamaño de la punta y la conicidad, reduce el tiempo a la fractura.^{24, 32, 33, 37, 38, 39} Ruddle³⁹ afirmó que la posición de la curvatura de un conducto es un factor en la seguridad del instrumento. Cuando la curvatura se encuentra en una parte coronal del conducto radicular, el instrumento se somete a una tensión máxima en un punto donde su diámetro es mayor. El punto de máxima curvatura elegido para la mayoría estudios de fatiga cíclica fue entre 5 y 7 mm desde la punta del instrumento. Clínicamente, esto puede ser clasificado como una curvatura en el tercio medio del conducto radicular. Con frecuencia, las curvaturas apicales abruptas pueden ser encontradas clínicamente, y pueden no ser visibles en la radiografía. Los instrumentos rotatorios de NiTi deben ser muy flexibles para permitir al clínico utilizarlos de forma segura incluso en aquellas curvaturas abruptas apicales inesperadas.⁴⁰ Se reportó que la fatiga cíclica puede producirse inesperadamente en ausencia de cualquier signo de deformación permanente

previo⁴¹ y es la principal causa de la separación de los instrumentos de NiTi. Tratar de incrementar la resistencia a la separación ha sido el foco en la nueva fabricación y diseños de los instrumentos rotatorios de NiTi.⁴² Muchas variables que podrían influir en la resistencia a la fractura por fatiga cíclica de las limas rotatorias de NiTi han sido investigadas, tales como la velocidad de operación, el diseño de los instrumentos, el tratamiento de superficies metálicas y el efecto de la solución de irrigación. Posibles estrategias para aumentar la resistencia a la fatiga cíclica de instrumentos rotatorios de NiTi incluyen una mejora en el proceso de fabricación o el uso de las nuevas aleaciones con propiedades mecánicas superiores. Hace un tiempo, varios fabricantes han desarrollado procesados termomecánicos especiales, con el objetivo de producir una aleación de NiTi superelástica que contenga principalmente una fase martensítica estable bajo condiciones clínicas. Según los informes, se han demostrado mejores propiedades físicas y mecánicas que los instrumentos fabricados con la aleación tradicional de NiTi 508 Nitinol.^{43, 44} Mientras tanto, en un instrumento rotatorio mecanizado pueden existir tensiones de tracción residuales en su superficie las que pueden acelerar la formación de grietas (cracks) y los procesos de propagación de éstas, pero el electropulido puede producir una superficie de óxido amorfa y lisa, libre de defectos.⁴⁵

El movimiento recíprocante puede ser descrito como un movimiento oscilante cuando un instrumento gira en una dirección y luego invierte la dirección antes de completar un giro de rotación completa,⁴⁶ éste se propuso originalmente por Yared.¹³ Se ha demostrado que el uso de este movimiento amplía la vida útil de un instrumento de NiTi y, por tanto, la resistencia a la fatiga en comparación con

el movimiento de rotación continua.⁴⁷ Las limas del sistema Mtwo (VDW, Munich, Alemania) han demostrado en varios estudios una resistencia a la fatiga cíclica alta, en movimientos rotatorios^{2, 20} como reciprocantes.¹⁶ Estos son instrumentos endodónticos rotatorios hechos de una aleación de NiTi convencional con una sección transversal en forma de “S” y un diseño que promueve un corte más eficiente.⁴⁸ La lima UniCone (Medin, Novè Mesto na Morave, República Checa) posee dentro de su diseño una punta inactiva, una sección transversal triangular variable y un tipo propio de movimiento recíprocante de acuerdo al fabricante, así como un tratamiento propio no reportado por el fabricante.^{21,49} De igual manera, el fabricante postula que el diseño del instrumento y la aleación de NiTi permiten una preparación rápida y segura del conducto radicular con movimiento recíprocante.⁵⁰ Sin embargo, más estudios son requeridos para evaluar la resistencia a la fatiga cíclica de este instrumento.²¹

IV. OBJETIVOS

IV.1 Objetivo General

El objetivo del presente estudio es comparar la resistencia a la fatiga cíclica de las limas Mtwo y Unicone utilizadas en movimientos de rotación continua y movimientos reciprocantes.

IV.2 Objetivos Específicos

1. Comparar los resultados obtenidos de los diferentes sistemas en los distintos tipos de movimiento.
2. Comparar los resultados obtenidos de los diferentes sistemas en su movimiento cíclico apropiado.
3. Comparar las longitudes de fragmento fracturadas de ambos sistemas.

V. HIPÓTESIS

La hipótesis nula a evaluar en este estudio es que no existe diferencia en la resistencia a la fatiga cíclica de los diferentes instrumentos de níquel titanio con ambos tipos de movimientos evaluados.

VI. MATERIAL Y MÉTODOS

VI.1. Diseño del estudio

Estudio in vitro experimental.

VI.2 Población

Limas nuevas, rotatorias Mtwo y reciprocantes UniCone.

VI.3 Muestra

Se seleccionaron 40 limas, 20 limas rotatorias Mtwo (25.06) nuevas y 20 limas reciprocantes UniCone (25.06) nuevas; según lo reportado en los estudios de Alcalde⁴⁹ y Silva⁵⁰.

VI.4 Criterios de selección

Criterios de inclusión.

Limas NiTi Mtwo (25.06) y UniCone (25.06) nuevas, que cumplan las características y especificaciones técnicas del fabricante.

Criterios de exclusión.

Limas NiTi Mtwo (25.06) y UniCone (25.06) nuevas que tengan deformaciones previas antes de iniciar los procedimientos experimentales para la evaluación de la resistencia a la fatiga cíclica, para ello se empleará un microscopio Global G.6.

Limas NiTi Mtwo (25.06) y UniCone (25.06) nuevas con defectos de fábrica que produzcan alteraciones sobre la longitud de las mismas.

VI.5 Variables

| Variable | Definición Conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicador | Tipo | Escala de medición | Valores o categorías |
|--|--|--|----------------------------------|--|--------------|--------------------|---|
| Variable independiente : Tipo de movimiento utilizado | El movimiento de rotación continua se define como un movimiento continuo en sentido horario. | El instrumento es impulsado en sentido horario hasta completar una revolución equivalente a 360°, y el instrumento gira hasta que deja de ser accionado por el motor | Movimiento de rotación continua. | Revoluciones por minuto (300 rpm) | Cuantitativa | Continua de razón | Movimiento de rotación continua. |

| | | | | | | | |
|--|--|--|----------------------|----------------------------------|--------------|-------------------|-----------------------------|
| | | eléctrico, se utilizará 300 rpm de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. | | | | | |
| | El movimiento recíproco se define como un movimiento repetido antihorario y horario. | El instrumento es impulsado en dirección antihoraria y luego se produce un giro inverso horario, para liberar el instrumento, el cual completa | Movimiento recíproco | Ciclo recíproco (300 rpm) | Cuantitativa | Continua de razón | Movimiento recíproco |

| | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | 120° en esta primera etapa, un ciclo de 360° o revolución se completa después de tres movimientos antihorario y horario. Se utilizará el motor de la compañía VDW, los instrumentos girarán a 300 rpm de acuerdo a las | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | |
|---|--|--|--|---------------------------------|--------------|--------------|--|
| | | recomendaciones del fabricante. | | | | | |
| Resistencia a la fatiga cíclica, variable dependiente. | Capacidad de un instrumento de endodoncia para mantenerse rotando o reciprocando durante la PBM de los conductos radiculares | El número de ciclos rotatorios o reciprocantes que da el instrumento hasta que ocurre la fractura flexural del mismo cuando es utilizado en un modelo simulado de conducto | La resistencia del instrumento hasta que ocurra la fractura por flexión. | Número de ciclos a la fractura. | Cuantitativa | De intervalo | La resistencia del instrumento hasta que ocurra la fractura por flexión. |

| | | | | | | | |
|------------------------------|---|--|---|----------|--------------|--------------|---|
| | hasta que ocurra la separación del instrumento. | radicular con 60° de curvatura y 5 mm de radio. | | | | | |
| Covariable Tiempo | Dimensión física que representa la sucesión de estados por los que pasa la materia. | Tiempo en segundos hasta que ocurre la fractura. | Tiempo en segundos hasta que ocurre la fractura | Segundos | Cuantitativa | De Intervalo | Tiempo en segundos hasta que ocurre la fractura |

VI.6 Técnicas y/o procedimientos

Se utilizó un dispositivo hecho a medida para permitir una simulación reproducible de un instrumento confinado dentro de un conducto radicular, similar al descrito por Plotino y col.⁴⁷, el cual viene siendo utilizado en muchos estudios publicados y que fue realizado en la empresa FABRISTEM SAC con la ayuda de ingenieros y técnicos especializados en el área de metal mecánica. La electroerosión del modelo asistido por un ordenador garantiza las siguientes especificaciones de los conductos artificiales: un radio de curvatura de 5 mm (medido en la superficie de la concavidad interna del conducto artificial), un ángulo de curvatura de 60° y 30° medido de acuerdo al método de Pruett. El centro de la curvatura está localizado 5 mm desde la punta del instrumento y un segmento de curvatura de 5 mm de longitud aproximadamente. El conducto artificial se fabricó reproduciendo la conicidad y tamaño del instrumento, proporcionando así una trayectoria adecuada al instrumento que se ajuste a los parámetros de la curvatura elegida. La pieza de mano dental fue montada en un dispositivo móvil que permitía en posicionamiento preciso y simple de cada instrumento dentro del conducto artificial, asegurando alineamiento y posicionamiento tridimensional de los instrumentos a la misma profundidad. (Fig. 1 y 2) Se inspeccionó cada instrumento para verificar defectos o deformidades antes del experimento bajo un electromicroscopio. (Leica, Leica, Alemania) (Fig. 4-8)

Los conductos artificiales fueron cubiertos con un vidrio para prevenir que los mismos salgan precipitadamente y se pierdan. Se evaluaron un total de 40 limas con movimientos reciprocantes (UniCone) y rotación continua (Mtwo). Se seleccionaron 20 instrumentos reciprocantes Unicone, de calibre ISO 25

en la punta y un taper .06. Asimismo, se seleccionaron 20 instrumentos de rotación continua Mtwo #25.06. Estos instrumentos de 25 mm de longitud de cada marca se dividieron en cuatro grupos (n=10) en base al movimiento evaluado: Mtwo rotación continua (grupo 1: 300 rpm), Mtwo movimiento recíprocante en modo “RECIPROC ALL” del motor VDW.SILVER RECIPROC (grupo 2), Unicone rotación continua (grupo 3: 300 rpm) y Unicone movimiento recíprocante en modo “RECIPROC ALL” del motor VDW.SILVER RECIPROC (grupo 4).

Las limas se activaron utilizando la pieza de mano con reducción 6:1 (Sirona Dental Systems) accionada por un motor de control de torque (Silver Reciproc, VDW, Munich, Germany) Para reducir la fricción entre el instrumento y las paredes metálicas del conducto artificial, se empleó un aceite fluido especial sintético WD-40 elaborado para la lubricación de partes mecánicas. (WD-40 Company, San Diego, EEUU) Todos los instrumentos fueron rotados hasta la fractura. El tiempo fue cronometrado en segundos y detenido cuando se percibió la fractura visualmente. Para evitar el error humano, se grabó un video simultáneamente, y las grabaciones se observaron para comparar el tiempo de separación. El número de ciclos a la fractura para cada instrumento se calculó multiplicando el tiempo (en segundos) a la fractura por el número de rotaciones por segundo. La longitud de la punta de la lima fracturada se midió utilizando un microcalibrador digital. (Truper, México) El instrumento fracturado fue lavado en un limpiador ultrasónico utilizando alcohol. Se utilizó la microscopía electrónica de barrido para analizar las superficies de la porción fracturada, así como su eje helicoidal

para determinar el tipo de fractura y la ocurrencia de deformación plástica en el eje helicoidal.

VI.7 Consideraciones Éticas

El presente proyecto de investigación fue sometido a revisión en la Facultad de Estomatología de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH) y posteriormente sometido a revisión solicitando la aprobación del Comité de Ética de Investigación de la UPCH. Se utilizó un modelo artificial metálico de conducto radicular y limas endodónticas de níquel titanio. (Fig. 9)

VI.8 Plan de análisis

Las medias y desviaciones estándar (DE) de los tiempos a la fractura y las longitudes de los fragmentos fueron calculados para cada sistema. Los datos fueron evaluados mediante el análisis de varianza con un factor (ANOVA) y la prueba de “t” de Student para determinar diferencias significativas entre ambos grupos. El error tipo alfa se estableció en 0.05.

VII. RESULTADOS

El número de ciclos a la fractura y la longitud del fragmento fracturado de cada sistema en ambos movimientos rotatorio y recíprocante son presentadas en la Tabla 1 y 2. El análisis estadístico reveló diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos del mismo sistema al considerar el tipo de movimiento como variable independiente. ($p < 0.05$) De esta manera, el número de ciclos a la fractura de ambos instrumentos en movimiento recíprocante fue mayor de manera significativa en comparación con el número de ciclos a la fractura de ambos instrumentos en movimientos rotatorios. Sin embargo, cuando se tomó al instrumento como variable independiente, no hubo diferencia estadísticamente significativa. ($p > 0.05$) A pesar que el número de ciclos a la fractura de las limas Unicone en movimiento recíprocante y rotatorio fue mayor al de las limas Mtwo. Al considerar el movimiento clínico apropiado para cada sistema, Mtwo evidenció el menor número de ciclos a la fractura en su movimiento natural rotatorio con respecto al movimiento natural recíprocante de las limas Unicone, lo cual fue un resultado con diferencia significativa. ($p < 0.01$) El promedio de la longitud de los fragmentos fracturados de ambos sistemas no mostró diferencia estadísticamente significativa. ($p = 0.05$)

Tabla N°1. NÚMERO DE CICLOS A LA FRACTURA

| SISTEMA | MOVIMIENTO | | | | | | | |
|----------------|-----------------------------|--------|--------|--------|-----------------------------|--------|--------|----------|
| | Rotatorio | | | | Reciprocante | | | |
| | \bar{x} | DE | Min | Max | \bar{x} | DE | Min | Max |
| Mtwo | 463.50^{a,b} | 29.82 | 430.00 | 505.00 | 893.00^A | 89.94 | 765.00 | 1,030.00 |
| Unicone | 510.50^a | 164.12 | 235.00 | 705.00 | 902.00^{A,B} | 233.22 | 600.00 | 1,205.00 |

\bar{x} : Promedio.

DE: Desviación estándar.

Min: Mínimo.

Max: Máximo.

*Letras iguales no existe diferencia estadísticamente significativa. (Prueba de T-Student, $p > 0.05$).

*Letras diferentes existe diferencia estadísticamente significativa. (Prueba de T-Student, $p < 0.05$).

Tabla N°2. LONGITUD DE FRAGMENTO

| SISTEMA | \bar{x} | DE | Min | Max |
|----------------|-----------------------------|-----------|------------|------------|
| Mtwo | 5.16^c | 0.18 | 4.58 | 5.35 |
| Unicone | 4.96^c | 0.41 | 4.28 | 5.78 |

\bar{x} : Promedio.

DE: Desviación estándar.

Min: Mínimo.

Max: Máximo.

*Letras iguales no existe diferencia estadísticamente significativa. (p=0.05)

VIII. DISCUSIÓN

Este estudio compara la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos de níquel titanio Mtwo y Unicone utilizados tanto en rotación continua como en movimiento recíprocante. En este estudio, la hipótesis nula fue rechazada por los resultados mostrados en los cuales los movimientos cinemáticos de los instrumentos mecanizados de níquel titanio influyen significativamente en la fatiga cíclica de ambos instrumentos evaluados.

Las limas rotatorias Mtwo fueron seleccionadas por tener una sección transversal similar a las limas Recíproc. En el estudio de Pedulla y col.¹⁶, donde se evaluaron 180 limas; 45 limas Mtwo, 45 Twisted Files, 45 limas Recíproc R25 y 45 limas Wave One Primary; las cuales fueron accionadas en tres diferentes tipos de movimientos (n=15); “RECIPROC ALL”, “WAVEONE ALL” y rotatorio continuo; las limas rotatorias Mtwo demostraron tener una resistencia a la fatiga cíclica similar a los sistemas Recíproc R25 y Twisted Files, así como una resistencia superior comparada con el instrumento de Wave One Primary en condiciones similares de metodología, lo cual concuerda con los resultados de nuestro estudio en los cuales el número de ciclos a la fractura obtenidos para la lima Mtwo en movimiento recíprocante; no tuvo diferencia estadísticamente significativa con respecto al número de ciclos a la fractura obtenidos para las limas recíprocantes Unicone, lo cual se puede deber a las secciones transversales diferentes y de poca masa que ambos instrumentos poseen. Los instrumentos de Mtwo (VDW, Munich, Alemania) son instrumentos endodónticos rotatorios hechos de una aleación de NiTi convencional con una sección transversal en forma de “S” y un diseño que promueve un corte más

eficiente.⁴⁸ La lima Unicone (Medin, Novè Mesto na Morave, República Checa) posee dentro de su diseño una punta inactiva, una sección transversal triangular variable; así como un tratamiento propio no reportado por el fabricante.^{21,49}

Estudios previos como los de DeDeus y col.¹⁴ y Kiefner y col.¹⁹ utilizaron un dispositivo de fatiga cíclica dinámico para evaluar la resistencia a la fatiga cíclica de las limas de NiTi. Estos dispositivos dinámicos simulan los movimientos de “brushing” y “pecking”.⁵⁰ Sin embargo, estos tienen algunas limitaciones. Primero, el instrumento evaluado no está constreñido en una trayectoria precisa. También, a pesar que las variables de velocidad y amplitud de los movimientos axiales pueden ser estandarizadas en este tipo de dispositivos, estas son completamente subjetivas y es dudoso que las mismas sean constantes y reproducibles en una situación clínica porque este movimiento de arriba hacia abajo (pecking motion) se controla manualmente.⁵¹ Por ello; en nuestro estudio, con el fin de minimizar causas confusas por otros mecanismos que puedan producir una separación de nuestros instrumentos que sean ajenos a la fatiga cíclica, se optó por utilizar un modelo estático; ya que permite tener una trayectoria precisa en el conducto artificial y evita algunas variables, como las mencionadas anteriormente. El uso de un conducto artificial simulado reproduciendo el calibre y la conicidad para estandarizar las condiciones previamente plateadas en un bloque de acero inoxidable fue utilizado y reportado para evaluar fatiga cíclica previamente.^{10, 16, 20, 37}

En estudios como el de Vadhana y col.¹, donde se evaluaron 60 instrumentos de níquel titanio, 30 instrumentos 25.06 del sistema Mtwo y 30 instrumentos

25.06 del sistema RaCe, en movimientos rotatorios y reciprocantes. (n=15); se demostró que el movimiento recíprocante ampliaba la vida útil de un instrumento de níquel titanio y; por tanto, la resistencia a la fatiga en comparación con el movimiento de rotación continua. Lo cual concuerda con nuestro estudio, en donde ambos sistemas Mtwo y Unicore mostraron una mayor resistencia estadísticamente significativa a la fatiga cíclica con movimiento recíprocante en comparación con el movimiento rotatorio continuo. La misma diferencia se mostró al comparar ambos sistemas en sus respectivos movimientos naturales.

En el estudio de Silva y col.⁵⁰, donde se evaluaron 40 instrumentos recíprocantes, 10 Reciproc R25 en el movimiento “RECIPROC ALL”, 10 Wave One Primary en el movimiento “WAVE ONE ALL”, 10 Unicore 25.06 en el movimiento “RECIPROC ALL” y 10 Unicore 25.06 en el movimiento “WAVE ONE ALL”, discutieron que la diferencia de la sección transversal de los instrumentos de níquel titanio puede influenciar en los resultados debido a que, a mayor área de sección transversal, mayor rigidez. Esto concuerda con nuestro estudio ya que no hubo ambos instrumentos Mtwo y Unicore poseen áreas de sección transversal pequeñas y, por tanto; a pesar que los instrumentos Unicore mostraron un mayor número de ciclos a la fractura en ambos movimientos recíprocante y rotatorio continuo, comparado con el número de ciclos de los instrumentos de Mtwo también en ambos movimientos; no existió diferencia estadísticamente significativa. De igual forma ambos instrumentos presentaron el mismo calibre en la punta (#25) y la misma conicidad (0.06 mm/mm), con este aspecto no debería haber ventajas de ninguna lima; sin embargo, existen múltiples variables

relacionadas con los resultados de este estudio. Ambos sistemas presentan una sección transversal diferente; Mtwo presenta una en forma de “S”, mientras que Unicone una sección transversal triangular. De la misma forma, el diseño de cada sistema (por ejemplo: diámetro del núcleo, número de pasos de rosca, ángulo helicoidal, etc.) pudieron también tener una influencia en la resistencia a la fatiga cíclica. De igual manera, se discute la importancia que existe en los diferentes tipos de aleaciones entre los instrumentos de Mtwo y los instrumentos de Unicone, dato que no podemos justificar ya que no se conoce en la literatura de algún tratamiento que reciban las limas Unicone en su fabricación y porque los instrumentos de Mtwo poseen una aleación de níquel titanio convencional.

En el estudio de Alcalde y col.⁴⁹; donde evaluaron 30 instrumentos reciprocantes de níquel titanio, 10 ProDesign R 25.06, 10 Reciproc R25 y 10 Unicone L25, encontraron que los instrumentos del sistema ProDesign R25.06 mostraron una resistencia mayor significativa a la fatiga cíclica con respecto a los instrumentos del sistema Reciproc R25. Asimismo, encontraron que los instrumentos del sistema Reciproc R25 mostraron una resistencia mayor significativa a la fatiga cíclica con respecto a los instrumentos del sistema Unicone L25. En nuestro estudio no comparamos al mismo tiempo dos instrumentos reciprocantes; sin embargo, podemos discutir que teniendo antecedentes previos^{2,20} y habiendo demostrado en nuestro estudio que los instrumentos del sistema Mtwo 25.06 son uno de los más resistentes a la fatiga cíclica en movimiento reciprocante; que se requieren más estudios para demostrar realmente si los instrumentos del sistema Unicone L25 poseen una

menor resistencia a la fatiga cíclica de una manera estadísticamente significativa.

En el estudio de Alapati y col.⁴⁴; se determinan las diferencias entre el análisis de microscopía electrónica de barrido de la sección transversal de los fragmentos fracturados de los instrumentos de níquel titanio por los dos tipos de fractura; fatiga cíclica y fractura por torsión. El análisis de microscopía electrónica de barrido de las superficies fracturadas de ambos grupos en nuestro estudio reveló una formación similar a un cráter con numerosas microburbujas y microhuecos en toda la superficie. (Fig. 10 y 11) Estas características corroboran los hallazgos encontrados en los estudios previamente mencionados e indican que el instrumento pasó por una fractura dúctil, la cual predominantemente se observa en fracturas por fatiga cíclica y nos sirve para descartar una posible fractura por torsión.

IX. CONCLUSIONES

1. Dentro de las limitaciones de este estudio, las limas de los sistemas Unicone y Mtwo fueron más resistentes a la fatiga cíclica en movimiento recíprocante al compararlo con el movimiento rotatorio continuo.
2. Ningún sistema tuvo mayor resistencia a la fatiga cíclica que el otro en ambos movimientos.
3. Teniendo en cuenta el movimiento cíclico apropiado para cada sistema, las limas Unicone accionadas en movimiento recíprocante tienen mayor resistencia a la fatiga cíclica que las limas Mtwo, las cuales son accionadas en movimiento de rotación continua según los fabricantes.
4. No existió diferencia estadísticamente significativa entre las longitudes de fragmento fracturados en ambos sistemas.

X. REFERENCIAS

1. Vadhana S, SaravanaKarthikeyan B, Nandini S. Cyclic fatigue resistance of RaCe and Mtwo rotary files in continuous rotation and reciprocating motion. *J Endod.* 2014 Jul;40(7):995-9. doi: 10.1016/j.joen.2013.12.010. Epub 2014 Mar 6.
2. Plotino G, Grande NM, Melo MC. Cyclic fatigue of NiTi rotary instruments in a simulated apical abrupt curvature. *Int Endod J.* 2010 Mar;43(3):226-30. doi: 10.1111/j.1365-2591.2009.01668.x.
3. Parashos P, Messer HH. Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. *J Endod.* 2006 Nov;32(11):1031-43.
4. Alomairy KH. Evaluating two techniques on removal of fractured rotary nickel-titanium endodontic instruments from root canals: an in vitro study. *J Endod.* 2009 Apr;35(4):559-62. doi: 10.1016/j.joen.2008.12.019.
5. Madarati AA, Hunter MJ, Dummer PM. Management of intracanal separated instruments. *J Endod.* 2013 May;39(5):569-81. doi: 10.1016/j.joen.2012.12.033. Epub 2013 Mar 15. Review.
6. Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JE. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. *J Endod.* 2000 Mar;26(3):161-5.
7. Pedullà E, Lo Savio F, Boninelli S. Influence of cyclic torsional preloading on cyclic fatigue resistance of nickel - titanium instruments. *Int Endod J.* 2015 Nov;48(11):1043-50. doi: 10.1111/iej.12400. Epub 2014 Nov 18
8. Kim JY, Cheung GS, Park SH. Effect from cyclic fatigue of nickel-titanium rotary files on torsional resistance. *J Endod.* 2012 Apr;38(4):527-30. doi: 10.1016/j.joen.2011.12.018. Epub 2012 Jan 23.
9. Lopes HP, Elias CN, Vieira MV. Fatigue Life of Reciproc and Mtwo instruments subjected to static and dynamic tests. *J Endod.* 2013 May;39(5):693-6. doi: 10.1016/j.joen.2012.11.048. Epub 2013 Feb 8.
10. Plotino G, Grande NM, Cordaro M. Influence of the shape of artificial canals on the fatigue resistance of NiTi rotary instruments. *Int Endod J.* 2010 Jan;43(1):69-75. doi: 10.1111/j.1365-2591.2009.01641.x.
11. Gambarini G, Gergi R, Grande NM. Cyclic fatigue resistance of newly manufactured rotary nickel titanium instruments used in different rotational directions. *Aust Endod J.* 2013 Dec;39(3):151-4. doi: 10.1111/j.1747-4477.2012.00353.x. Epub 2012 May 2.
12. Kim BH, Ha JH, Lee WC. Effect from surface treatment of nickel-titanium rotary files on the fracture resistance. *Scanning.* 2015 Jan-Feb;37(1):82-7. doi: 10.1002/sca.21182. Epub 2014 Dec 8.
13. Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *Int Endod J.* 2008 Apr;41(4):339-44. Epub 2007 Dec 12.
14. De-Deus G, Moreira EJ, Lopes HP. Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movement. *Int Endod J.* 2010 Dec;43(12):1063-8.
15. Varela-Patiño P, Ibañez-Párraga A, Rivas-Mundiña B. Alternating versus continuous rotation: a comparative study of the effect on instrument life. *J Endod.* 2010 Jan;36(1):157-9. doi: 10.1016/j.joen.2009.09.023.
16. Pedullà E, Grande NM, Plotino G. Influence of continuous or reciprocating motion on cyclic fatigue resistance of 4 different nickel-titanium rotary

- instruments. *J Endod.* 2013 Feb;39(2):258-61. doi: 10.1016/j.joen.2012.10.025. Epub 2012 Dec 1.
17. Kim HC, Kwak SW, Cheung GS. Cyclic fatigue and torsional resistance of two new nickel-titanium instruments used in reciprocation motion: Reciproc versus WaveOne. *J Endod.* 2012 Apr;38(4):541-4. doi: 10.1016/j.joen.2011.11.014. Epub 2011 Dec 23.
 18. Gambarini G, Gergi R, Naaman A. Cyclic fatigue analysis of twisted file rotary NiTi instruments used in reciprocating motion. *Int Endod J.* 2012 Sep;45(9):802-6. doi: 10.1111/j.1365-2591.2012.02036.x. Epub 2012 Mar 19.
 19. Kiefner P, Ban M, De-Deus G. *Int Endod J.* Is the reciprocating movement per se able to improve the cyclic fatigue resistance of instruments? 2014 May;47(5):430-6. doi: 10.1111/iej.12166. Epub 2013 Aug 19.
 20. Pedullà E, Plotino G, Grande NM. Cyclic fatigue resistance of four nickel-titanium rotary instruments: a comparative study. *Ann Stomatol (Roma).* 2012 Apr;3(2):59-63. Epub 2012 Aug 9.
 21. Maia Filho EM, Rizzi Cde C. Shaping Ability of Reciproc, UnicOne, and Protaper Universal in Simulated Root Canals. *ScientificWorldJournal.* 2015;2015:690854. doi: 10.1155/2015/690854. Epub 2015 Apr 9.
 22. Çapar ID, Arslan H. A review of instrumentation kinematics of engine-driven nickel-titanium instruments. *Int Endod J.* 2015 Jan 29. doi: 10.1111/iej.12432. [Epub ahead of print]
 23. Gambarini G. Cyclic fatigue of ProFile rotary instruments after prolonged clinical use. *Int Endod J.* 2001 Jul;34(5):386-9.
 24. Ruddle CJ. Nonsurgical endodontic retreatment. *J Calif Dent Assoc* 2004;32:474–84. Review.
 25. Terauchi Y, O’Leary L, Kikuchi I, et al. Evaluation of the efficiency of a new file removal system in comparison with two conventional systems. *J Endod* 2007;33:585–8. Epub 2007 Mar 12.
 26. Terauchi Y, O’Leary L, Suda H. Removal of separated files from root canals with a new file-removal system: case reports. *J Endod* 2006;32:789–97. Epub 2006 Jun 6.
 27. Cheung GS. Instrument fracture: mechanisms, removal of fragments, and clinical outcomes. *Endodontic Topics* 2009; 16:1–26.
 28. McSpadden JT. Mastering the technique. In: McSpadden JT. *Mastering Endodontic Instrumentation.* Chattanooga (TN): Cloudland Institute; 2007. pp. 105–24.
 29. Sattapan B, Nervo G, Palamara J. Defects in nickel titanium endodontic rotary files after clinical usage. *J Endod* 2000; 26:161–5.
 30. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod.* 2004 Aug;30(8):559-67.
 31. Haïkel Y, Serfaty R, Bateman G. Dynamic and cyclic fatigue of engine-driven rotary nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod.* 1999 Jun;25(6):434-40.
 32. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL Jr. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod.* 1997 Feb;23(2):77-85.
 33. Ullmann CJ, Peters OA. Effect of cyclic fatigue on static fracture loads in ProTaper nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2005 Mar;31(3):183-6.
 34. Turpin YL, Chagneau F, Vulcain JM. Impact of two theoretical cross-sections on torsional and bending stresses of nickel-titanium root canal instrument models. *J Endod.* 2000 Jul;26(7):414-7.

35. Berutti E, Chiandussi G, Gaviglio I. Comparative analysis of torsional and bending stresses in two mathematical models of nickel-titanium rotary instruments: ProTaper versus ProFile. *J Endod.* 2003 Jan;29(1):15-9.
36. Grande NM, Plotino G, Pecci R. Cyclic fatigue resistance and three-dimensional analysis of instruments from two nickel-titanium rotary systems. *Int Endod J.* 2006 Oct;39(10):755-63.
37. Plotino G, Grande NM, Sorci E. A comparison of cyclic fatigue between used and new Mtwo Ni-Ti rotary instruments. *Int Endod J.* 2006 Sep;39(9):716-23.
38. Plotino G, Grande NM, Sorci E. Influence of a brushing working motion on the fatigue life of NiTi rotary instruments. *Int Endod J.* 2007 Jan;40(1):45-51.
39. Ruddle C. Cleaning and shaping the root canal system. In: Cohen S, Burns RC. *Pathways of the Pulp*, 8th edn. St. Louis: Mosby; 2002. pp. 231–92.
40. Larsen CM, Watanabe I, Glickman GN. Cyclic fatigue analysis of a new generation of nickel titanium rotary instruments. *J Endod.* 2009 Mar;35(3):401-3. doi: 10.1016/j.joen.2008.12.010.
41. Tripi TR, Bonaccorso A, Condorelli GG. Cyclic fatigue of different nickel-titanium endodontic rotary instruments. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006 Oct;102(4):e106-14. Epub 2006 Jul 14.
42. Gao Y, Shotton V, Wilkinson K. Effects of raw material and rotational speed on the cyclic fatigue of ProFile Vortex rotary instruments. *J Endod.* 2010 Jul;36(7):1205-9. doi: 10.1016/j.joen.2010.02.015. Epub 2010 Mar 19.
43. Johnson E, Lloyd A, Kuttler S. Comparison between a novel nickel-titanium alloy and 508 nitinol on the cyclic fatigue life of ProFile 25/.04 rotary instruments. *J Endod.* 2008 Nov;34(11):1406-9. doi: 10.1016/j.joen.2008.07.029. Epub 2008 Sep 19.
44. Alapati SB, Brantley WA, Svec TA. SEM observations of nickel-titanium rotary endodontic instruments that fractured during clinical Use. *J Endod.* 2005 Jan;31(1):40-3.
45. Wan J, Rasimick BJ, Musikant BL. A comparison of cyclic fatigue resistance in reciprocating and rotary nickel-titanium instruments. *Aust Endod J.* 2011 Dec;37(3):122-7. doi: 10.1111/j.1747-4477.2010.00222.x. Epub 2010 May 11.
46. You SY, Bae KS, Baek SH. Lifespan of one nickel-titanium rotary file with reciprocating motion in curved root canals. *J Endod.* 2010 Dec;36(12):1991-4. doi: 10.1016/j.joen.2010.08.040.
47. Plotino G, Grande NM, Cordaro M. A review of cyclic fatigue testing of nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2009 Nov;35(11):1469-76. doi: 10.1016/j.joen.2009.06.015.
48. Pedullà E, Lizio A, Scibilia M. Cyclic fatigue resistance of two nickel-titanium rotary instruments in interrupted rotation. *Int Endod J.* 2017 Feb;50(2):194-201. doi: 10.1111/iej.12609. Epub 2016 Feb.
49. Alcalde MP, Tanomaru-Filho M, Bramante CM. Cyclic and Torsional Fatigue Resistance of Reciprocating Single Files Manufactured by Different Nickel-titanium Alloys. *J Endod.* 2017 May 17. pii: S0099-2399(17)30298-4. doi: 10.1016/j.joen.2017.03.008.
50. Silva EJ, Villarino LS, Vieira VT. Bending Resistance and Cyclic Fatigue Life of Reciproc, Unicone and WaveOne Reciprocating Instruments. *J Endod.* 2016 Dec;42(12):1789-1793. doi: 10.1016/j.joen.2016.08.026. Epub 2016 Oct 21.

51. Li UM, Lee BS, Shih CT. Cyclic fatigue of endodontic nickel titanium rotary instruments: static and dynamic tests. J Endod. 2002 Jun;28(6):448-51.

ANEXOS

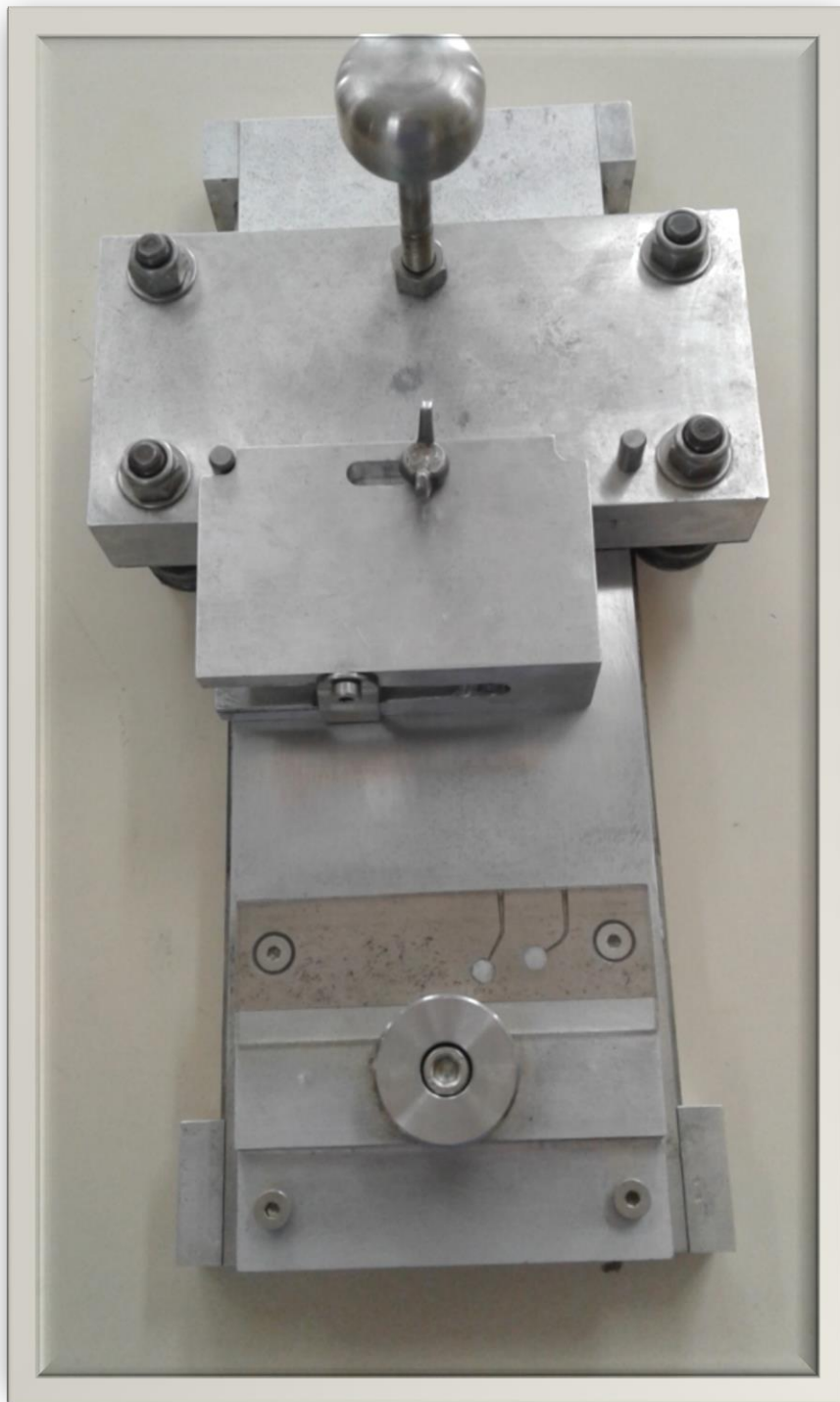


FIGURA 1. DISPOSITIVO DE PRUEBA



FIGURA 2



FIGURA 3. Limas nuevas por evaluar.



FIGURA 4

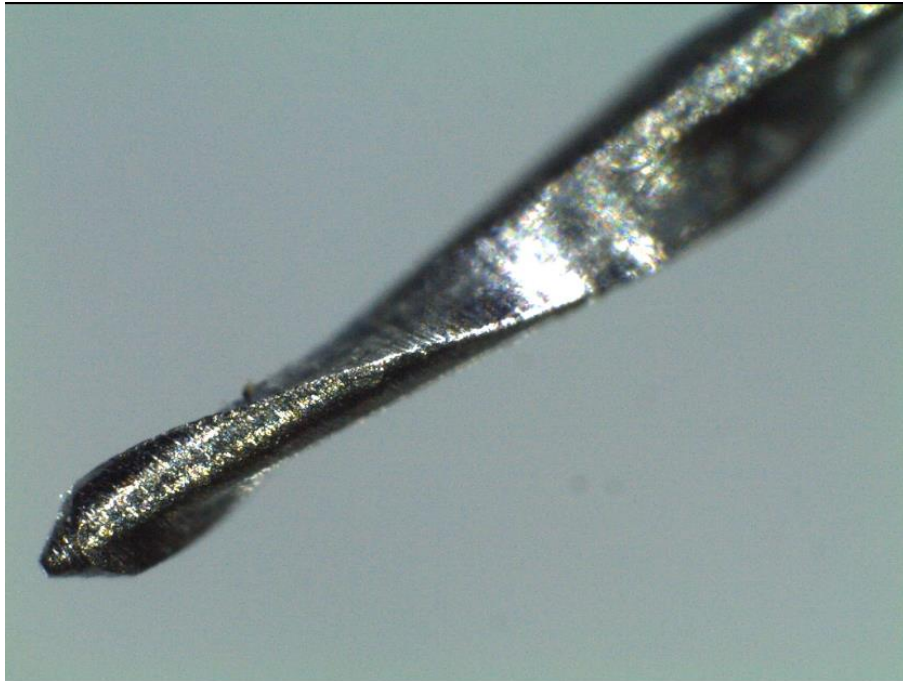


FIGURA 5

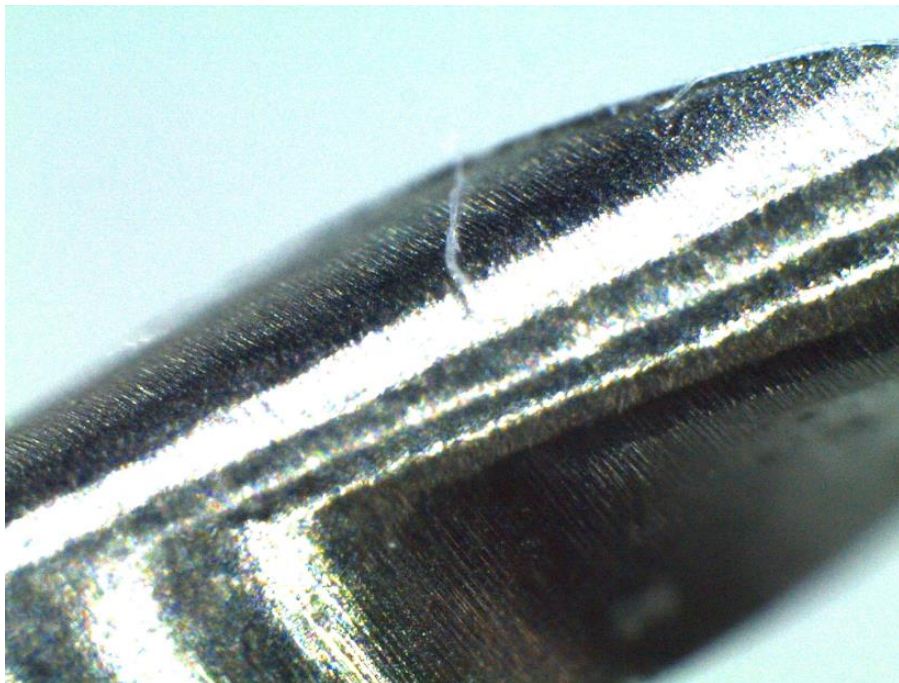


FIGURA 6. Crack o defecto de fábrica. Instrumento fue excluido

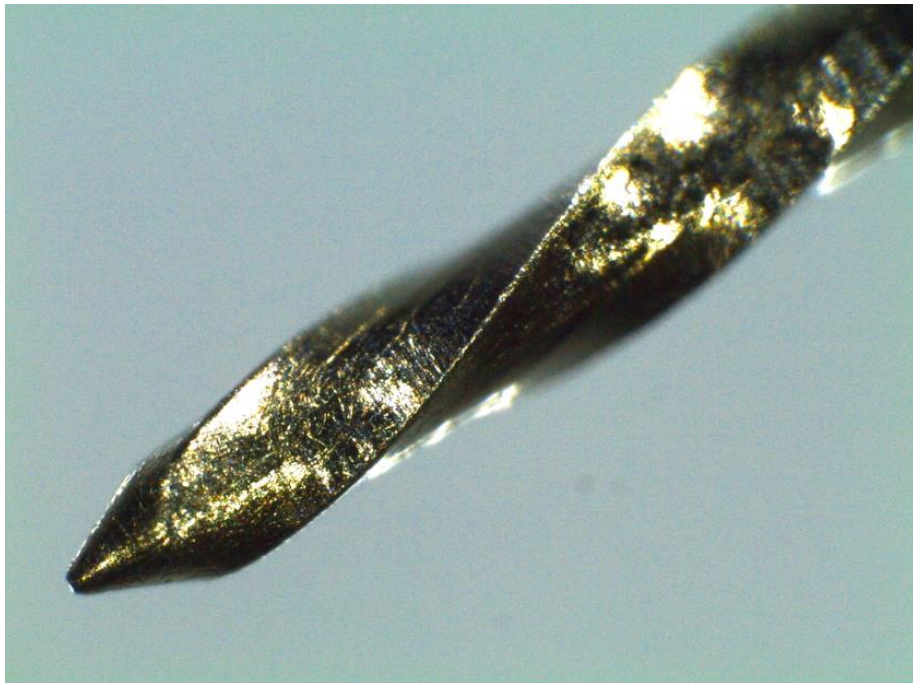


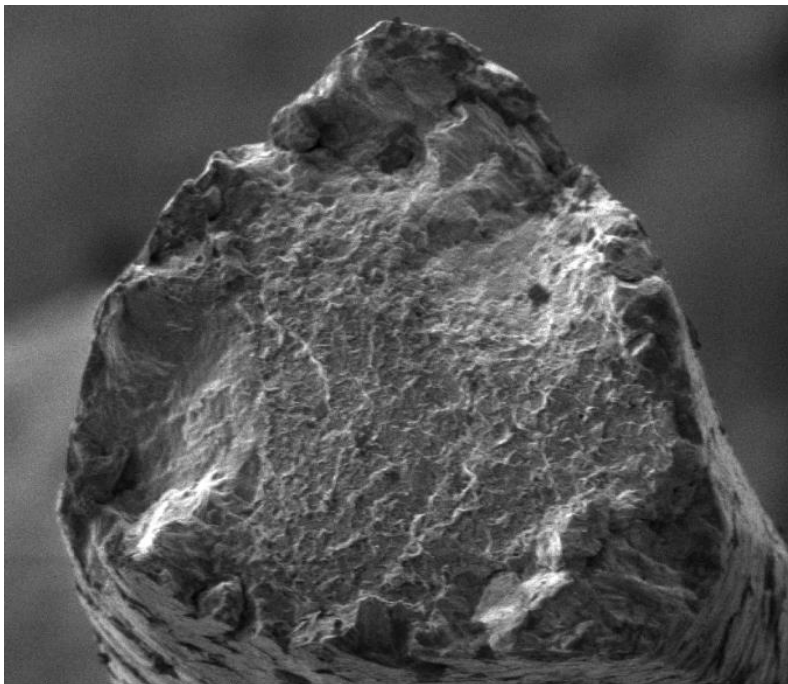
FIGURA 7



FIGURA 8



**FIGURA 10. Microscopía electrónica de barrido de
fragmento de lima Mtwo a 550X**



**FIGURA 11. Microscopía electrónica de barrido de
fragmento de lima Unicone A 600X**

