

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA  
COLEGIO ODONTOLÓGICO  
ÁREA DE EDUCACIÓN AVANZADA Y CONTINUADA  
POSTGRADO DE ENDODONCIA**



**DEFORMACIÓN Y LÍMITE DE FRACTURA DE DOS SISTEMAS  
ROTATORIOS (PROTAPER UNIVERSAL Y PROTAPER NEXT) POSTERIOR  
AL USO CLÍNICO.**

**AUTORES**

**ELIZABETH MULLER GÓMEZ  
NATHALY REINA CHAVEZ  
NURY A. SOLANO DUARTE**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA  
COLEGIO ODONTOLÓGICO  
ÁREA DE EDUCACIÓN AVANZADA Y CONTINUADA  
POSTGRADO DE ENDODONCIA  
BOGOTÁ D.C 2015**

**DEFORMACIÓN Y LÍMITE DE FRACTURA DE DOS SISTEMAS  
ROTATORIOS (PROTAPER UNIVERSAL Y PROTAPER NEXT) POSTERIOR  
AL USO CLÍNICO.**

**AUTORES**

ELIZABETH MULLER GÓMEZ  
NATHALY REINA CHAVEZ  
NURY A. SOLANO DUARTE

**ASESOR CIENTÍFICO:**

DR. JUAN CARLOS MURCIA CELEDON  
Especialista en Endodoncia

**ASESOR METODOLÓGICO:**

DRA. ANGELA SUÁREZ CASTILLO

## **CONTENIDO**

### **1. ASPECTOS TEÓRICO-CIENTÍFICO**

**1.1** Planteamiento del problema

**1.2** Hipótesis

**1.3** Justificación

**1.4** Propósito

#### **1.5 MARCO TEÓRICO**

**1.5.1** Definición y conceptos

**1.5.2** Antecedentes históricos

**1.5.3** Instrumentos para la preparación de conductos

**1.5.4** Instrumentos Níquel Titanio

**1.5.5** Limas de primera generación

**1.5.6** Limas de segunda generación

**1.5.7** ProTaper Universal

**1.5.8** Limas de tercera generación

**1.5.9** Limas de cuarta generación

**1.5.10** Limas de quinta generación

**1.5.11** ProTaper Next

**1.5.12** Indicaciones

**1.5.13** Ventajas

**1.5.14** Conductos simulados

**1.5.15** Microscopio electrónico de barrido

**1.6** Objetivos

## **2 ASPECTOS METODOLOGICOS**

- 2.1** Tipo de estudio
- 2.2** Objeto de estudio
- 2.3** Población de estudio
- 2.4** Unidad de observación
- 2.5** Criterios de selección
- 2.6** Variables
- 2.7** Operacionalización de Variables
- 2.8** Procedimiento

## **3 RESULTADOS**

## **4 DISCUSIÓN**

## **5 CONCLUSIONES**

## **6 RECOMENDACIONES**

## **7 REFERENCIAS**

## **1. ASPECTO TEORICO CIENTÍFICO**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La preparación del sistema de conductos radiculares es reconocida como una de las etapas más importantes en el tratamiento de conductos. (1) Incluye la eliminación de los tejidos vitales y necróticos, junto con la dentina radicular infectada; eliminando la mayor cantidad posible de elementos microbianos y creando una situación en la que se evite el traspaso de microorganismos o sustancias tóxicas desde el sistema de conductos hacia los tejidos apicales de soporte. Su objetivo es preparar el espacio del conducto para facilitar la desinfección por medio de irrigantes y medicamentos. Por lo tanto, la preparación del conducto es la fase esencial que elimina la infección, limpia y conforma el conducto radicular sin que se desvíe de la curvatura original, facilitando el selle final tridimensional. (2-4)

En las últimas 2 décadas, los instrumentos de níquel-titanio (NiTi) se han convertido en parte de los implementos terapéutico para el tratamiento de conductos radiculares. Se utilizan cada vez más por los odontólogos generales y especialistas para facilitar la limpieza y conformación de los conductos. (5) Las propiedades mecánicas de los instrumentos endodónticos de NiTi incluyen flexibilidad, resistencia a la torsión, y la fatiga a la flexión, requisitos fundamentales de instrumentos endodónticos para aumentar la tasa de éxito de los tratamientos. (6)

Se han introducido en el mercado diversos instrumentos rotatorios de Níquel-Titanio dentro de los que se puede encontrar el ProTaper universal® (PTU) (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK) que es un sistema rotatorio de NiTi de

instrumentos fabricados con conicidad progresiva a lo largo de las estrías de corte, secciones transversales triangulares convexas y punta no cortante.

Recientemente, fue incluido al mercado el sistema rotatorio ProTaper Next™ (PTN) (Dentsply Tulsa Dental); este instrumento está hecho de aleación de M-Wire, y sus características de diseño incluyen conicidades variables y una sección transversal rectangular descentrada. (7)

Con el aumento de la adopción de estos instrumentos en la práctica contemporánea, las fracturas de instrumentos se han tornado más frecuentes, la tasa de fractura de instrumentos NiTi varía desde 0,3% a 39%. (2,5,8) A pesar de las propiedades de los instrumentos rotatorios de Ni-Ti, la fractura intracanal, es un accidente frecuente durante los procedimientos, evidenciado con estos instrumentos, durante el uso clínico. (5) La fractura es una preocupación importante entre los clínicos, porque los instrumentos rotatorios de NiTi pueden sufrir fallos inesperados sin signos visibles de deformación plástica permanente. (5,8) Consecuentemente, la inspección visible no es un método fiable para evaluar los instrumentos de níquel-titanio. Estas fracturas podrían ocurrir bajo dos circunstancias: la fractura de torsión y la fatiga a la flexión o por una combinación de ambas. (9,10) Los fabricantes recomiendan un uso limitado de los instrumentos rotatorios de NiTi especialmente en conductos curvos. Asimismo resulta relevante controlar los instrumentos para detectar signos de desgaste y deformación, debido al uso excesivo puede generarse la fractura. (5,11)

Es esencial que los odontólogos y endodoncistas conozcan las características de los diferentes sistemas rotatorios de NiTi y las implicaciones asociadas a su uso de acuerdo a las condiciones clínicas de tratamientos de endodoncia y el número de veces que puede ser empleado antes de que ocurra la fractura. (12.13)

## **1.2 HIPÓTESIS DE ESTUDIO**

### **Hipótesis nula**

No existen diferencias en la deformación, desgaste y límite de fractura en los sistemas rotatorios ProTaper Next y ProTaper Unival, posterior al uso clínico.

### **Hipótesis alterna**

Existen diferencias en la deformación, desgaste y límite de fractura en los sistemas rotatorios de limas ProTaper Next y ProTaper Unival posterior al uso clínico.

## 1.4 JUSTIFICACIÓN

En la práctica de la endodoncia, es factible encontrar una variedad de accidentes y obstáculos de procedimiento en la terapia normal de rutina, en cualquier etapa de tratamiento. (8,4) Una de las dificultades de procedimiento se relaciona con la fractura del instrumentos dentro del conducto radicular. La fractura a menudo es el resultado del uso inadecuado o excesivo de un instrumento y asimismo depende de la habilidad del operador, lo cual puede complicar y comprometer el resultado del tratamiento de endodoncia, especialmente si el fragmento ha impedido el acceso a la región apical de un conducto infectado. (15,16) El advenimiento reciente de instrumentos rotatorios NiTi conlleva un alto de riesgo de fractura de instrumentos sin deformaciones visibles; mientras que la fractura de las limas de acero inoxidable, es precedida por la deformación del instrumento, lo cual representa una advertencia de la fractura inminente, la deformación de los instrumentos rotatorios de NiTi a menudo no es visible sin magnificación. (17) (18) No se ha establecido en la literatura el número de usos que soporta un instrumento rotatorio de NiTi antes de que ocurra la fractura, diversos autores coinciden en que esta falla está dada por la forma en que se emplean, así como también, por la morfología del conducto radicular, por este motivo resulta relevante identificar el numero de usos que pueden resistir las limas antes de la fractura durante la preparación endodóntica. (11,16,18) En los que se podría corroborar ¿Cuál es el grado de deformación y el límite de fractura de los sistemas rotatorios Protaper next y ProTaper Universal en conductos severamente curvos simulados?

## 1.5 PROPÓSITO

El conocimiento del número de uso de los sistemas rotatorios ProTaper Next™ y Protaper Universal asociado al riesgo de fractura, se encuentra relacionado con la cantidad de veces que se utiliza, sería de gran valor tener evidencia científica del número aproximado de veces que es segura la utilización de estas limas para evitar fracturas del instrumentos y fracasos de tratamiento. (19)

Debido a la escasa literatura del sistema rotatorio ProTaper Next™ (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza), se pretende dar a conocer información actualizada, respecto al promedio de vida útil de los instrumentos de este sistema observando los cambios dimensionales que sufre cada instrumento con el uso clínico repetido, dando la posibilidad de obtener resultados más aproximados a la realidad al utilizarse en conductos simulados con anatomía compleja que justifique el uso de estos instrumentos. (19-20)

## **1.6 MARCO TEORICO**

### **1.6.1 DEFINICIÓN Y CONCEPTOS**

La pulpa es un tejido conjuntivo laxo de características especiales, que mantiene relación íntima con la dentina, constituyen una unidad funcional denominada complejo pulpodentinal. La pulpa se comunica con el ligamento periadontal a través del foramen apical o de foraminas apicales, inclusive por medio de eventuales conductos laterales, por los que pasan los elementos vasculares y nerviosos. (21) La cavidad pulpar es el espacio existente en el interior del diente, ocupado por la pulpa dental y revestido por dentina excepto junto al foramen apical. Está dividida en 2 partes: cámara pulpar y conducto radicular. (21) El conocimiento de la anatomía interna del diente es importante para la apertura coronaria, la localización de los conductos radiculares y para su preparación. Una visión detallada de la cavidad pulpar es condición indispensable. (21)

La preparación del conducto está constituida por un conjunto de procedimientos mecánicos y químicos. La limpieza y conformación del conducto radicular es un proceso relevante en el tratamiento de conducto. Su objetivo es eliminar todos los restos de tejido pulpar y las capas internas de la dentina del conducto radicular. (22) La instrumentación del conducto radicular se realiza mediante el uso de instrumentos de endodoncia y soluciones irrigantes; la preparación químico mecánica se puede realizar usando instrumentos manuales o accionados por motor (rotatorio). Durante mucho tiempo los instrumentos de endodoncia fueron fabricados en acero inoxidable, estos tienen una rigidez inherente que aumenta a medida que el tamaño del instrumento aumenta. Instrumentos rotatorios de níquel-titanio han demostrado ser un valioso complemento para el tratamiento de conducto debido a que son altamente flexible y elástico. (6)

## **1.6.2 ANTECEDENTES HISTORICOS**

### **1.6.3 instrumentos para la preparación de conductos**

#### **1.6.4 Instrumentos Níquel-Titanio**

La aleación de níquel-titanio (NiTi) es un tipo de compuesto intermetálico con ductilidad superior, es un compuesto estequiométrico de Ti y Ni. Por lo general se llama NITINOL, donde Ni es de Níquel, Ti es para Titanio y NOL es para Naval Ordnance Laboratory, el lugar donde Buehler y sus colaboradores descubrieron esta aleación. También llama la aleación NiTi equiatómica debido a su relación atómica uno a uno de titanio y níquel, respetando la terminología metalúrgica de soluciones sólidas con 55% en peso de Ni y 45% en peso de Ti. (23) Las aleaciones de NiTi equiatómicas contienen 3 fases microestructurales (austenita, martensita, y de fase R), cuyo carácter y proporciones relativas determinar las propiedades mecánicas. (6) Esta aleación se ha usado en endodoncia durante casi 25 años y ha traído un gran avance para la terapia de conducto radicular desde Walia et al. Empleando un arco de alambre de níquel-titanio para fabricar una lima endodóntica en 1988. (23)

Las propiedades mecánicas de los instrumentos endodónticos NiTi incluyen la flexibilidad, resistencia a la torsión, y la fatiga a la flexión. La flexibilidad es beneficioso para mantener la forma original de los conductos radiculares, especialmente para los que tienen curvaturas severas. La resistencia a la torsión adecuada y resistencia a la fatiga de flexión evitan la fractura del instrumento dentro del conducto. (24)

Los fabricantes han cambiado diseños transversales y los rasgos geométricos de instrumentos de NiTi para mejorar la resistencia a la fatiga cíclica. Otra estrategia para lograr este objetivo es el uso de nuevas aleaciones: nuevos procesos de fabricación para optimizar la microestructura de NiTi a través de un novedoso

procesamiento termomecánico, la producción de una nueva aleación, M-Wire (Sportswire LLC, Langley, OK, EE.UU.), con un aumento sustancial de la flexibilidad. Instrumentos de endodoncia fabricados con M-Wire se espera que tengan mayor resistencia al desgaste que los instrumentos similares hechos de alambres de NiTi superelásticos convencionales debido a su singular microestructura martensítica. (25)

Los estudios de laboratorio (Sportswire LLC) han demostrado que este alambre de NiTi (denominado M-Wire) tiene una mayor proporción de resistencia a la tracción al estrés, superior superelástica y una mejor resistencia a la fatiga en comparación con alambres superelásticos convencionales para instrumentos rotatorios con una estructura austenítica. (26) Las limas de NiTi han evolucionado a través del tiempo, mejorando sus características y propiedades, dando lugar a diferentes generaciones:

#### **1.6.5 Limas de primera generación.**

El primer instrumento NiTi rotatorio fue diseñado por el Dr. John McSpadden y llegó al mercado en 1992. Estos instrumentos comenzaron a cambiar la forma de uso clínico en la instrumentación. En 1994, el Dr. Johnson introdujo una línea de limas que se conoció como el Profile 0,04. Sus formas de sección transversal en forma de U equidistantes alrededor del eje de un alambre de NiTi cónico. Las limas rotatorias NiTi de primera generación tenían radian land de corte pasivo, a lo largo de sus partes de trabajo, y requieren un considerable número de limas para lograr los objetivos de preparación. (6)

#### **1.6.6 Limas de segunda generación.**

A finales de la década de 1990, la nueva generación de instrumentos rotatorios de NiTi llegó al mercado. Las distinciones críticas de esta generación de instrumentos

es que tiene bordes cortantes activos sin radial lands y se requiere menos instrumentos para la preparación de un conducto. El ángulo entre la estría de corte y eje longitudinal del instrumento es menor que en limas de primera generación, lo que reduce en gran medida la tendencia a efecto de atornillar durante el uso. Esta generación de limas NiTi incluye limas rotatorias ProTaper (Dentsply), que, a diferencia de todos los demás instrumentos de corte de NiTi pasivos o activos, tienen varias estrías de aumento y disminución de tamaño en una lima. (6)

#### **1.6.7 ProTaper Universal**

ProTaper universal (PTU) (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK) que es un sistema rotatorio de NiTi de instrumentos fabricados con conicidad progresiva a lo largo de las estrías de corte, secciones transversales triangulares convexas y punta no cortante. (7)

#### **1.6.8 Limas de tercera generación.**

El tratamiento térmico es uno de los enfoques más fundamentales hacia el ajuste de temperaturas de transición de aleaciones de NiTi y que afectan la resistencia a la fatiga. M-wire se introdujo en 2007. Es producido por aplicación de una serie de calor en espacios en alambre bruto de NiTi. El primer sistema rotatorio de endodoncia disponible en el mercado mediante el nuevo material M-wire de NiTi era limas GT Series X. En 2009, lima ProFile Vortex fue introducido por Dentsply. (27)

CM Wire es una nueva aleación NiTi con propiedades flexibles que se introdujo a la endodoncia en 2010. Las limas CM NiTi se fabrican mediante un proceso termomecánico especial que controla la memoria del material. (27)

#### **1.6.9 Limas de cuarta generación.**

La innovación en la tecnología de movimiento reciprocante condujo a una cuarta generación de instrumentos para la conformación de conductos. Waveone representa una convergencia de las características de diseño de la segunda y tercera generación de limas, junto con un motor de movimiento reciprocante que impulsa cualquier lima dado en ángulos desiguales bidireccionales. La característica de diseño de limas Waveone tienen una hélice inversa y dos distintas secciones transversales a lo largo de la longitud de sus partes activas. Instrumentos RECIPROC tiene sección transversal es en forma de S. (6)

La lima de auto-ajuste (SAF; redent-Nova, Raanana, Israel) representa un nuevo enfoque en el diseño de la lima y el modo de operación. La lima es un dispositivo hueco, diseñado como un cilindro delicado NiTi de pared delgada con una superficie igualmente abrasiva. (22)

#### **1.6.10 Limas de quinta generación.**

La quinta generación de limas ha sido diseñada de tal manera que el centro de masa y / o el centro de rotación se compensan. En la rotación, las limas que tienen un diseño de desplazamiento producen una onda mecánica de movimiento que se desplaza a lo largo de la longitud activa de la lima. Ejemplos comerciales de marcas de limas que ofrecen variaciones de esta tecnología son Revo-S, Una Shape® (Micro-Mega®, Besançon, Francia), y ProTaper Next (PTN; Dentsply Tulsa Especialidades Dentales / Dentsply Maillefer). (6)

#### **1.6.11 ProTaper Next**

ProTaper universal (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK) es un sistema rotatorio de NiTi fabricados con conicidad progresiva a lo largo de las estrías de corte, secciones transversales triangulares convexas y punta no cortante, recientemente se introdujo, ProTaper Next (PTN) (Dentsply Tulsa Dental); este instrumento está diseñado con conicidad variable y una sección transversal rectangular

descentrada. Este instrumento está hecho de aleación de M-Wire, introducida en el año 2007. (7)

El M-wire se ha desarrollado a través de un procedimiento de procesamiento termomecánico, mostrando mejoras de la resistencia a la fatiga cíclica en comparación con las hechas de aleaciones de NiTi superelásticos convencionales. M-Wire contiene las 3 fases cristalinas, incluyendo martensita, R-fase y austenita, (28) se fabrican a partir de la fase martensítica de los alambres de NiTi superelásticos. (23)

ProTaper Next (PTN) es el sucesor del sistema ProTaper Universal. Hay cinco limas PTN disponibles, en diferentes longitudes, para dar forma al conducto: X1 (17 / 0,04), X2 (25 / 0,06), X3 (30 / 0,07), X4 (40 / 0,06), y X5 (50 / 0,06). Las limas PTN X1 y X2 deben tener un aumento y una disminución de porcentaje del diseño cónico en una sola lima; mientras que las limas PTN X3, X4, X5 tienen una forma cónica fija de D1-D3. Las limas PTN son la convergencia de tres importantes características de diseño, incluyendo varios ahusamientos en una sola lima. (6)

#### **1.6.12 Indicaciones**

- Anatomía compleja del conducto
- Conducto curvo
- Conducto restringido
- Retratos
- Mayor limpieza del conducto
- Tener mayor sensibilidad
- Mayor preparación de los conductos que con las limas manuales de acero inoxidable
- Accesos complicados de introducir la pieza
- Eliminación de escalones

- En todos los casos está indicado su uso siempre que el profesional tenga el conocimiento y la técnica correcta

#### **1.6.13 Ventajas**

- Conicidad del conducto
- Menor tiempo de trabajo
- Menor riesgo de fractura
- Menor riesgo de escalones
- Mayor flexibilidad
- Mayor eficacia de corte
- Alta seguridad
- Mayor limpieza
- Menor número de instrumentos
- Menor tiempo de obturación

La capacidad de conformación de las diferentes limas rotatorias se ha investigado mediante el uso de dientes humanos extraídos y conductos simulados. Conductos simulados en bloques de resina se utilizaron debido a la estandarización de las condiciones experimentales. (7)

#### **1.6.14 Conductos Simulados**

Los efectos de la preparación de la forma del conducto radicular deben, idealmente, ser estudiados usando los dientes humanos. Sin embargo, puede ser difícil obtener un número suficientemente grande de conductos radiculares de forma, tamaño y curvatura comparable para la investigación. (29) El uso de conductos simulados es particularmente importante, ya que es casi imposible seleccionar los dientes humanos con conductos con curvaturas similares. (30)

Se introdujo el uso de canales radiculares simulados formados en una resina colada de poliéster claro. Los conductos radiculares curvos simulados se pueden hacer en cualquier tamaño, forma o curvatura predeterminada y proporcionan un buen modelo experimental para evaluar los efectos de la preparación del conducto radicular. (29)

Los conductos curvos fueron definidos por Schneider en 1971 como el ángulo formado por la proyección del eje dental y la tangente del ápice de la raíz; de acuerdo con el ángulo, se clasifican en tres categorías: leves ( $9^\circ$  o menos), moderada ( $10$  a  $24^\circ$ ), y severa ( $25$ - $70^\circ$ ) (31) Una objeción a la utilización de estos conductos radiculares simulados es la suavidad relativa de la resina colada clara en comparación con la dentina, debido a la microdureza de la resina que es de  $22 \text{ kg / mm}^2$ , mientras que la dentina cercana a la pulpa es de  $35 \text{ kg / mm}^2$ . Los Conductos simulados formados en resina son un modelo experimental válido para el estudio de preparación del conducto radicular. (29) Aunque el modelo de diente extraído se asemeja más a la situación clínica, no es un modelo ideal si los objetivos del estudio es determinar las propiedades físicas puras de limas de NiTi, debido a que no se encuentran conductos radiculares completamente idénticos. (30)

Para evaluar las propiedades físicas y las deformaciones de las limas NiTi se ha empleado la técnica de *microscopía electrónica de barrido* (SEM) en los últimos años. (32)

#### **1.6.15 Microscopio Electrónico de Barrido**

El microscopio electrónico de barrido utiliza un haz de electrones de alta energía para generar una variedad de señales en la superficie de muestras sólidas. Las señales que se derivan de las interacciones de electrones de la muestra, revelan información sobre la morfología externa (textura), composición

química y estructura cristalina y la orientación de los materiales que componen la muestra. En la mayoría de las aplicaciones, los datos se recogen sobre un área seleccionada de la superficie de la muestra, y una imagen de dos dimensiones se genera mostrando las variaciones espaciales en estas propiedades. Áreas que van desde aproximadamente 1 cm a 5 micras de ancho, se pueden leer en el modo de exploración utilizando técnicas convencionales de SEM (aumento desde 20 veces a aproximadamente 30.000 X, la resolución espacial de 50 a 100 nm.) (33)

Este sistema constituye un método eficaz ya que la magnificación permite evaluar los cambios dimensionales en instrumentos de uso endodóntico. (33)

La técnica SEM puede proporcionar información por medio microfotografías; han revelado dos patrones de fractura distintas: fallo por fatiga se caracteriza por numerosos hoyuelos, estrías lineales, y áreas de iniciación de grietas, mientras que la insuficiencia de torsión se caracteriza por marcas de abrasión circulares. (32)

## MARCO REFERENCIAL

Dentro de los componentes del diente se encuentra la pulpa que se caracteriza por ser un tejido conjuntivo laxo rodeada de dentina la cual constituye el complejo dentino pulpar que se comunica con el ligamento periodontal por medio del foramen apical o en algunos casos por conductos laterales. (21)

Es importante tener el conocimiento de la anatomía interna del diente para poder realizar una apertura coronal adecuada logrando así la localización y preparación de los conductos, esta preparación está constituida por un conjunto de procedimientos mecánicos y químicos donde la limpieza y la conformación son la clave del éxito en el tratamiento de conductos. (21,22) El procedimiento se lleva a cabo mediante el uso de instrumentos manuales o mecanizados los cuales han sido fabricados desde hace muchos en acero inoxidable presentando características rígidas que aumentan a medida que el tamaño del instrumento aumenta. Los nuevos instrumentos de níquel titanio se caracterizan por ser altamente flexibles y elásticos ofreciendo así mejoras en la realización de los tratamientos. (6)

La aleación NiTi es una aleación equiatómica, dada a su relación atómica uno a uno de Titanio y Níquel; es también llamado NITINOL donde Ni es de Níquel Ti es para Titanio y Nol es para Naval Ordnance Laboratory lugar donde se descubrió esta aleación está constituida de un 55% de Ni y 45% de Ti, contienen tres fases microestructurales (Austenita, Martensita y Fase R) que determinan las propiedades mecánicas. (23)

Walia et al. Han introducido esta aleación en la endodoncia utilizando un arco de alambre de NiTi para fabricar una lima endodóntica en 1988 dando lugar a grandes avances para la terapia de conductos radiculares. (23)

Los instrumentos de NiTi poseen importantes propiedades mecánicas como flexibilidad, resistencia a la torsión y la fatiga a la flexión; La flexibilidad le confiere

a la lima grandes beneficios como mantener la forma original del conducto radicular especialmente en los que tienen curvaturas severas; La resistencia a la torsión y resistencia a la fatiga de flexión evitan que el instrumento se fracture dentro del conducto. (24)

Como parte de los avances que han tenido estos instrumentos para mejorar la resistencia a la fatiga cíclica está el diseño transversal y los rasgos geométricos; los fabricantes han ideado nuevas aleaciones para optimizar la microestructura de NiTi a través de un novedoso procesamiento termomecánico la aleación M-Wire (Sportswire LLC, Langley, OK, EE.UU). (25) La nueva aleación M-Wire posee un aumento de la flexibilidad, los instrumentos fabricados con esta aleación poseen mayor resistencia al desgaste, mayor proporción de resistencia a la tracción, superelasticidad y mejor resistencia a la fatiga que los instrumentos en alambres NiTi convencionales debido a su microestructura martensítica. (26)

Desde su aparición las limas de NiTi han evolucionado mejorando sus características y propiedades proporcionando diferentes generaciones (Primera generación - Quinta generación). (6)

Protaper universal (PTU)(Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK) posee características de la segunda generación, fabricadas con conicidad progresiva a lo largo de las estrías de corte, secciones transversales, triangulares, convexas y punta no cortante; estas requieren menos instrumentos para la preparación del conducto en comparación con los instrumentos manuales. (7) Protaper Next (PTN) (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK) pertenece a la quinta generación, este instrumento está diseñado con conicidad progresiva a lo largo de las estrías de corte, secciones transversales rectangular descentrada y punta no cortante; hecho de aleación M-Wire. (7)

El sistema PTN es el sucesor del sistema PTU. PTN se encuentra disponibles, en diferentes longitudes, para dar forma al conducto: X1 (17 / 0,04), X2 (25 / 0,06), X3

(30 / 0,07), X4 (40 / 0,06), y X5 (50 / 0,06). Las limas PTN X1 y X2 deben tener un aumento y una disminución de porcentaje del diseño cónico en una sola lima; mientras que las limas PTN X3, X4, X5 tienen una forma cónica fija de D1 a D3. (6)

Las limas PTN son la convergencia de tres importantes características de diseño, estas limas pueden ser utilizadas en conductos con anatomía compleja, conductos curvo y restringidos, retratamientos, eliminación de escalones, proporcionan mejor preparación de los conductos que con las limas manuales de acero inoxidable, y está indicado en todos los casos siempre que el profesional tenga el conocimiento y la técnica correcta. (34)

El sistema rotatorio PTN presenta una variedad de ventajas como: Conicidad del conducto, minimizar el tiempo de trabajo, menor riesgo a la fractura, menor riesgo de escalones, mayor flexibilidad, mayor eficacia de corte, mayor limpieza, menor número de instrumentos, menor tiempo de obturación. (35)

Para evidenciar la capacidad y el avance de los diferentes sistemas rotatorios se han realizados múltiples estudios mediante dientes humanos extraídos y conductos simulados en bloques de resina, que se han utilizado debido a la estandarización de las condiciones experimentales. (29) Para evaluar los efectos de la preparación y lograr mantener una estandarización en el tamaño, forma y curvatura es de gran ayuda realizar este tipo de estudios con conductos simulados permitiendo proporcionar un buen estudio experimental. (29)

La suavidad relativa de la resina que presentan los conductos simulados es una discrepancia al compararla con la dentina cercana a la pulpa debido a la microdureza que es de 22 kg-mm<sup>2</sup> mientras que la dentina es de 35 Kg-mm<sup>2</sup>, Aunque el modelo de diente extraído se asemeja más a la situación clínica, no es un modelo ideal si los objetivos del estudio es determinar las propiedades físicas

puras de limas NiTi, debido a que no se encuentran conductos radiculares completamente idénticos; lo que indica que estos conductos simulados son un modelo valido para el estudio en la preparación del conducto. (29)

En los últimos años se ha empleado la técnica de microscopia electrónica de barrido (SEM) para poder evaluar las propiedades físicas y deformaciones de limas NiTi proporcionando información por medio de fotografías, que han evidenciado los diferentes cambios dimensionales que sufre la lima después de su uso. (33)

## **1.7 OBJETIVOS**

### **1.7.1 OBJETIVO GENERAL**

Identificar el grado de deformación y el límite de fractura de los sistemas rotatorios ProTaper Next <sup>TM</sup> y ProTaper Universal en conductos severamente curvos simulados, posterior al uso clínico.

### **1.7.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Identificar el primer instrumento en presentar fractura posterior al uso clínico en los dos sistemas rotatorios
- Identificar el número de usos y el primer instrumento en presentar desgaste de los dos sistemas de limas en conductos severamente curvos simulados
- Identificar el número de usos y el primer instrumento en presentar deformación de los dos sistemas de limas en conductos severamente curvos simulados

## **2. ASPECTOS METODOLÓGICOS**

### **2.1 TIPO DE ESTUDIO**

Experimental In-vitro

### **2.2 OBJETO DE ESTUDIO**

Desgaste, deformación y fractura de dos sistemas rotatorio

### **2.3 POBLACION DE ESTUDIO**

Limas X1, X2, X3 del sistema rotatorio ProTaper Next

Limas Sx, S1, S2, F1, F2, F3 del sistema rotatorio ProTaper Universal

### **2.4 CRITERIOS DE SELECCIÓN**

#### **2.4.1 INCLUSION**

Limas del sistema rotatorio ProTaper Next <sup>TM</sup> (X1, X2 y X3)

Limas del sistema rotatorio ProTaper Universal ( Sx, S1, S2, F1, F2 y F3)

## 2.5 VARIABLES DE ESTUDIO

| Variables                             | Definición                                                                                          | Tipo de variable          | Operacionalización                                                                                    | Escala de medición   | Instrumento de recolección                                    |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>Numero de usos</b>                 | Se refiere al numero de veces que se usa el instrumento                                             | Independiente Cualitativa | Numero de uso                                                                                         | Ordinal              | Valoración del numero de uso que lleve la lima                |
| <b>Tipo de lima</b>                   | Se refiere al instrumento que se va a utilizar y sus características de taper y sección transversal | Independiente Cualitativa | Sx, S1, S2, F1, F2, F3, X1, X2, X3                                                                    | Nominal Multinomial  | Valoración de tipo de lima                                    |
| <b>Fractura</b>                       | Perdida de continuidad normal de un cuerpo solido , a causa de fx que superan su elasticidad        | Dependiente Cualitativa   | Presencia/ Ausencia                                                                                   | Nominal binomial     | Valoración del instrumento después de su uso bajo microscopio |
| <b>Desgaste de la estría de corte</b> | Cambio dimensionales del instrumento después del uso clínico                                        | Dependiente Cualitativa   | Signos de discontinuidad: Si/ No<br>Desgaste: Si/ No<br>Perdida de corte: Si/No<br>Descamación: Si/No | Nominal /Binomial    | Valoración del instrumento después de su uso bajo microscopio |
| <b>Deformación</b>                    | Deformación plástica que sufre el instrumento después de cada uso                                   | Dependiente Cualitativa   | Bandas: Si/ No<br>Hoyuelos: Si/ No<br>Microcracks: Si / No                                            | Nominal/ multinomial | Valoración del instrumento después de su uso bajo microscopio |
| <b>Habilidad del operador</b>         | Capacidad de hacer adecuadamente la preparación mecánica con sistemas rotatorios                    | Intervinientes            | No se operacionalizara debido a que lo realizara un solo operador.                                    |                      |                                                               |

## 2.6 PROCEDIMIENTO

Se utilizaron 30 instrumentos del sistema rotatorio ProTaper Next <sup>TM</sup> (DentsplyMaillefer, Ballaigues, Suiza), 10 de cada referencia (X1, X2 y X3) y 60 instrumentos del sistema rotarios ProTaper Universal (DentsplyMaillefer, Ballaigues, Suiza), 10 de cada referencia (SX, S1, S2, F1, F2, F3) para preparación mecánica de cubos de resina estandarizados (endo entrenamiento en bloque, Dentsply Maillefer) con curvas severas simuladas. (20)

Los cubos fueron preparados por un solo operador siguiendo las indicaciones del fabricante. La irrigación se realizara con una jeringa plástica de 3 cc y una aguja

monoject de calibre 27 con agua destilada después del uso de cada lima, y las limas se limpiaran entre usos para retirar los restos de la resina en las estrías del instrumento. (34)

Después de la preparación de cada cubo los instrumentos utilizados se sumergieron en detergente enzimático y se lavaron con agua y cepillo de cerdas suaves, posteriormente se secaron con una toalla absorbente, se empacaron en bolsas de polipropileno-poliéster con base de papel autosellables y se esterilizaron. Este protocolo se realizara después de cada uso hasta que la primera lima de la serie se fracturo. (34)

Se realizó una observación después de la factura del primer instrumento de la serie, se analizó con microscopia electrónico de barrido (SEM) MFP-3D-BIO™ AFM para obtener una observación más detallada de las deformaciones y fracturas de los instrumentos después de ser utilizados. (20)

El motor que se utilizó para realizar la preparación de los dos sistemas rotatorios es el X-Smart® (Dentsply®, Maillefer®) ya que este motor es el recomendado por la casa fabricante de los sistemas y tienen la programación de torque y revoluciones por minuto para el uso de cada lima. (35)

## **Secuencia de instrumentación de los sistemasa**

### **Potaper Next**

Se realizó permeabilidad del conducto utilizando limas manuales preserie, se determinó la longitud de trabajo, con irrigación se utilizaron limas para permeabilidad mecanizadas específicas Pathfile® 13/02, 16/02 y 19/02 en presencia de agua destilada en forma de cepillado, se instrumentó con lima PTN X1 a longitud de trabajo (0.17/04). Se utilizó una PTN X2 (025/06) y X3 (30/07), exactamente igual a la X1, hasta alcanzar pasivamente la longitud de trabajo.

Se examinaron las estrías apicales de la limas y se retiraron los restos de resina, después de cada entrada al conducto y por último se calibro el tamaño del

foramen con una lima Maillefer® manual 30. Si la lima ofrecía resistencia al alcanzar la longitud de trabajo, el conducto ya se encontraba conformado. (36)

### **ProTaper universal**

Se realizó la permeabilidad del conducto con limas manuales K 8, 10 y 15 para crear un trayecto libre de interferencias para la instrumentación rotatoria, a continuación se ensancho el tercio coronal del conducto con SX con un movimiento continuo y constante con ligera presión apical, llevando los instrumentos una sola vez a longitud deseada, en este caso hasta el tercio coronal, para disminuir el riesgo de fractura, se limpiaron las limas con una gasa, para evitar que se entorchara en la resina y se fracturara, se utilizaron limas S1 y S2 para ampliar tercio coronal y medio. La irrigación se realizó en cada paso de lima para una mayor seguridad del tratamiento. El tercio apical se preparó con limas F1 hasta la longitud de trabajo, recapitulando con una lima K 10, entre paso de limas mecanizadas y se realizó de la misma manera la instrumentación con limas F2 y F3. (37)

### 3. RESULTADOS

Los objetivos del presente estudio fueron identificar el número de usos de los sistemas rotatorios ProTaper Next™ y ProTaper Universal® hasta presentar fractura, y el primer instrumento en presentar deformación y desgaste después del uso clínico.

Instrumentos del sistema PTN funcionaron adecuadamente hasta el uso 10, lo cual se muestra en la tabla 1, a diferencia del sistema PTU donde la mayoría de los grupos se fracturaron en el uso 5 (tabla 1). El número de usos promedio de las PTN fue de 8,7 y en el sistema PTU el promedio de uso fue de 4,1 (tabla 3). Con este análisis se puede observar que las limas ProTaper Next™ presentaron mayor número de usos que el sistema ProTaper Universal®.

| Grupo | ProTaper Next™ |                 | ProTaper Universal® |                 |
|-------|----------------|-----------------|---------------------|-----------------|
|       | Nº de usos     | Lima fracturada | Nº de usos          | Lima fracturada |
| 1     | 10             | X2              | 5                   | F2              |
| 2     | 3              | X2              | 4                   | F2              |
| 3     | 10             | X2              | 4                   | F2              |
| 4     | 9              | X3              | 1                   | F3              |
| 5     | 10             | X2              | 5                   | F2              |
| 6     | 8              | X2              | 3                   | F3              |
| 7     | 9              | X2              | 5                   | F2              |
| 8     | 9              | X3              | 5                   | F2              |
| 9     | 10             | X2              | 4                   | F3              |
| 10    | 9              | X2              | 5                   | F3              |

*Tabla 1. Usos del sistema PTN y PTU*

| ProTaper Next™  |         | ProTaper Universal® |         |
|-----------------|---------|---------------------|---------|
| Promedio de uso | Desvest | Promedio de uso     | Desvest |
| 8,7             | 2,11    | 4,1                 | 1,28    |

Tabla 3. Promedio de usos de los sistemas PTN y PTU

El análisis estadístico se realizó con el test de Mann Whitney en el cual se observa que existen diferencias estadísticamente significativas ( $P = 0,001$ ) entre los 2 sistemas rotatorios, rechazando así la hipótesis nula, donde se afirma que no existen diferencias en la deformación, desgaste y límite de fractura en los sistemas rotatorios ProTaper Next™ y ProTaper Universal®. Diagrama 1

Para determinar la primera lima en fracturarse para cada uno de los sistemas, se realizó un análisis descriptivo de los datos donde se observó que para el sistema PTU la lima fracturada con mayor frecuencia fue la F2, y en el sistema PTN fue X2 seguida de la X3 (Tabla 4).

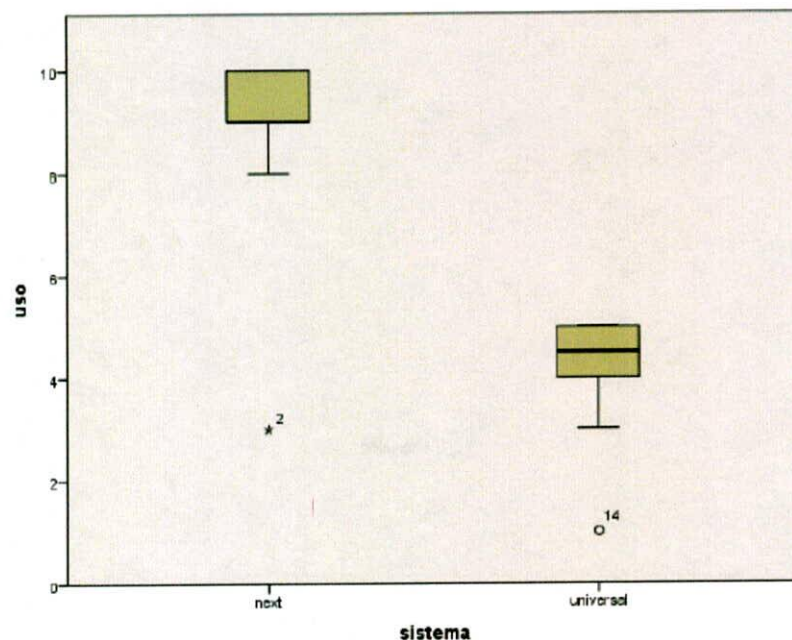


Diagrama de cajas y bigotes

| <b>Lima</b>          | <b>ProTaper<br/>Next™</b> | <b>ProTaper<br/>Universal®</b> | <b>Total<br/>general</b> |
|----------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| <b>F2</b>            | 0,00%                     | 30,00%                         | 30,00%                   |
| <b>F3</b>            | 0,00%                     | 20,00%                         | 20,00%                   |
| <b>X2</b>            | 40,00%                    | 0,00%                          | 40,00%                   |
| <b>X3</b>            | 10,00%                    | 0,00%                          | 10,00%                   |
| <b>Total general</b> | <b>50,00%</b>             | <b>50,00%</b>                  | <b>100,00%</b>           |

*Tabla 4. Porcentaje de limas fracturadas*

El desgaste y deformación de las limas se observó bajo el microscopio quirúrgico, se evidencio en el sistema PTU desde el primer uso con más frecuencia en la limas F2 y en el sistema PTN en el uso 2 y 3 en las limas X1 y X2.

#### 4. DISCUSION

Este estudio propuso identificar el grado de deformación y el límite de fractura de los sistemas rotatorios ProTaper Universal®, un sistema rotatorio ampliamente utilizado y ProTaper Next™, un sistema desarrollado recientemente en conductos severamente curvos simulados, posterior al uso clínico.

Se utilizaron conductos artificiales con el fin de estandarizar los parámetros de curvatura. Los conductos radiculares curvos simulados se pueden realizar en cualquier tamaño, forma o curvatura predeterminada y proporcionan un buen modelo experimental para evaluar los efectos de la preparación del conducto radicular con limas NiTi. (21-23) Estos conductos están elaborados en resina colada de poliéster, la curvatura simulada clasificada según Schneider en 1971 (24) es una curvatura severa con un ángulo mayor a 25°. Según Yao y cols (2006) (25), el uso de canales artificiales estandarizados minimiza las otras variables en ensayo de fatiga cíclica.

En los resultados del presente estudio para las limas PTN se encontró que el número de usos máximo es de 10 veces, lo cual concuerda con el estudio de Yared y cols (1999), (26) evaluaron la fatiga cíclica de instrumentos rotatorios NiTi utilizados, y declararon que los instrumentos rotatorios podrían utilizarse con seguridad en condiciones clínicas simuladas hasta 10 conductos, asimismo las conclusiones del artículo de Gambarini y cols (2001), (13) evidencian que cada instrumento rotatorio fue operado con satisfacción en un máximo de 10 casos clínicos sin ningún fallo intraconducto.

En el sistema PTU se observó que las limas tuvieron un uso máximo de 5 con un promedio de fractura de 4.1 usos, estos resultados son similares con los de Spanaki y cols (2006) (27) quienes reportaron un 26% de fractura de los instrumentos de PTU al cuarto uso. Igualmente Rodríguez y cols (2013), (18)

indican que el promedio de fractura de estos instrumentos es de 3.9 usos en conductos simulados.

Las limas que se fracturaron con mayor frecuencia del sistema PTU en los resultados de este estudio fue la F2 a diferencia del estudio reportado por Peng y cols (2005) (28) quienes encontraron que cerca del 38% de todas las limas desechadas en su estudio fueron instrumentos S1. En el estudio de Shen y cols (2009), (5) se encontró que la lima de la serie ProTaper® que más tendencia presentaba a la fractura era la S2 seguida por la S1 y después por la F1. En el estudio realizado por Rodríguez y cols (2013) (18) reportan que la lima con más tendencia a la fractura es la F1 seguida de la F2. Dichas diferencias pueden encontrarse relacionadas con las características estructurales y diseños geométricos que presentan las limas las cuales tienen influencia sobre la susceptibilidad de los instrumentos de NiTi a la fractura mecánica, asimismo en el presente estudio se utilizaron las limas en conductos severamente curvos (29-30), también se puede atribuir al manejo del clínico el cual es el principal factor que regula el potencial de las limas NiTi para presentar a la fractura. (31)

En cuanto a las deformaciones clínicamente se observaron superficies con hoyuelos y en forma de bandas en concordancia con los resultados del estudio de Alapati y cols (2005) (32) y Spanaki y cols (2006) (27) donde observaron los instrumentos clínicamente fracturados y presentando patrón de superficie característico de hoyuelo, los autores concluyeron que la fractura in vivo es causada por un solo incidente sobrecarga en lugar del mecanismo de fatiga después de un gran número de ciclos de carga.

Comparando el estudio de Harrison y cols (2014) (33) donde comparan la resistencia a la fractura demuestra que las limas del sistema PTN son superiores a las limas del sistema PTU al igual que este estudio.

## **5. CONCLUSIONES**

El número de usos del sistema rotatorio PTN es significativamente superior al del PTU, sin embargo es indispensable realizar un seguimiento de la cantidad de usos de los instrumentos, ya que las deformaciones comienzan desde el primer uso para las limas del sistema PTU y en el segundo y tercer uso para las limas PTN; a partir de estos resultados se recomienda realizar estudios adicionales, similares, que permitan corroborar y comparar los resultados de la presente investigación.

## **6. RECOMENDACIONES**

- Realizar estudios adicionales, similares, que permitan corroborar y comparar los resultados de la presente investigación.
- Elaborar estudios de las limas más usadas en Colombia (M-two, Recirpoc, Wave one).
- Realizar estudios adicionales con equipos más avanzados que permitan precisar el momento de deformación de las limas de NiTi.

## 7. REFERENCIAS

1. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am.* 1974; 18: p. 269–296.
2. Hülsmann M, Peters A, Dummer P. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic Topics.* 2005; 10: p. 30–76.
3. Coldero L, McHugh S, MacKenzie D, Saunders W. Reduction in intracanal bacteria during root canal preparation with and without apical enlargement. *Int Endod J.* 2002; 35: p. 437–46.
4. Spratt D, Pratten JWM, Gulabivala K. An in vitro evaluation of the antimicrobial efficacy of irrigants on biofilms of root canal isolates. *Int Endod J.* 2001; 34: p. 300–7.
5. Shen Y, M H, Cheung G, Peng B. Defects in Nickel-Titanium Instruments after Clinical Use. Part 1: Relationship between Observed Imperfections and Factors Leading to Such Defects in a Cohort Study. *J Endod.* 2009; 35: p. 129–132.
6. Haapasalo M, Shen Y. Evolution of nickel–titanium instruments: from past to future. *Endodontic Topics.* 2013; 29: p. 3–17.
7. Arias A, Singh R, Peters O. Torque and Force Induced by ProTaper Universal and ProTaper Next during Shaping of Large and Small Root Canals in Extracted Teeth. *J Endod.* 2014; 40: p. 973–976.
8. Parashos P, Messer H. Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. *J Endod.* 2006; 32: p. 1031–43.
9. Sattapan B, Nervo G, Palamara J, Messer H. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. *J Endod.* 2000; 26: p. 161–5.
10. Spanaki-Voreadi A, Kerezoudis N, Zinelis S. Failure mechanism of ProTaper Ni–Ti rotary instruments during clinical use: fractographic analysis. *International Endodontic Journal.* 2006; 39: p. 171–178.
11. Inan U, Gonulol N. Deformation and Fracture of Mtwo Rotary Nickel-Titanium Instruments After Clinical Use. *J Endod* 2009;35. 2009; 35: p. 1396–1399.
12. Elnaghy A, Elsaka S. Assessment of the Mechanical Properties of ProTaper Next Nickel-Titanium Rotary Files. *J Endod.* 2014; 40: p. 1830–1834.
13. Wycoff R, Berzins D. An in vitro comparison of torsional stress properties of three different rotary nickel-titanium files with a similar cross-sectional design. *J Endod.* 2012; 38: p. 1118–20.
14. Torabinejad M, Lemon R. Procedural accidents. In: Walton R, Torabinejad M, eds. *Principles and practice of endodontics.* Philadelphia: W.B. Saunders Company. 2002;: p. 310–30.
15. Lin L, Rosenberg P, Lin J. Do procedural errors cause endodontic treatment. *J Am Dent Assoc.* 2005; 136: p. 187–93.

16. Gambarini G. Cyclic fatigue of ProFile rotary instruments after prolonged clinical use. *Int Endod J*. 2001; 34: p. 386-9.
17. Gabel W, Hoen M, Steiman H, Pink FDR. Effect of rotational speed on nickel-titanium file distortion. *J Endod*. 1999; 25: p. 752-4.
18. Parashos P, Gordon I, Messer H. Factors influencing defects of rotary nickel-titanium endodontic instruments after clinical use. *J Endod*. 2004; 30: p. 722-5.
19. Elnaghy A. Cyclic fatigue resistance of ProTaper Next nickel-titanium rotary files. *International Endodontic Journal*. 2014 47;; p. 1034-1039.
20. Troian C, So M, Figueiredo J, Oliveira E. Deformation and fracture of RaCe and K3 endodontic instruments according to the number of uses. *International Endodontic Journal*. 2006; 39: p. 616-625.
21. Soares I, F G. *Endodoncia tecnicas y fundamentos*. Primera ed.: Medica Panamericana S.A; 2002.
22. Metzger Z, Teperovich E, Zary R, Cohen R, Hof R. The Self-adjusting File (SAF). Part 1: Respecting the Root Canal Anatomy—A New Concept of Endodontic Files and Its Implementation. *J Endod*. 2010; 36: p. 679-690.
23. Zhou H, Peng B, Zheng Y. An overview of the mechanical properties of nickel-titanium endodontic instruments. *Endodontic topics*. 2013; 29: p. 42-54.
24. Yared G, Kulkarni G, Ghossayn F. An in vitro study of the torsional properties of new and used K3 instruments. *Int Endod J* 2003; 36: 764-769. *Int Endod J*. 2003; 36: p. 764-769.
25. Arias A, Peres J, Macorra J. Influence of clinical usage of GT and GTX files on cyclic fatigue resistance. *International Endodontic Journal*. 2014; 47: p. 257-263.
26. Alapati S, al. e. Metallurgical Characterization of a New Nickel-Titanium Wire for Rotary Endodontic Instruments. *JOE*. 2009; 11: p. 1589-1593.
27. Liu Y, McCormick P. Thermodynamic analysis of the martensitic transformation in NiTi—II. Effect of transformation cycling. *Acta Metall Mater*. 1994; 7: p. 2407-2413.
28. Ye J, Gao Y. Metallurgical Characterization of M-Wire Nickel-Titanium Shape Memory Alloy Used for Endodontic Rotary Instruments during Low-cycle Fatigue. *J Endod*. 2012; 38: p. 105-107.
29. Lim K, Webber J. The validity of simulated root canals for the investigation of the prepared root canal shape. *International Endodontic Journal*. 1985; 18: p. 240-246.
30. Saleh A, Gilani P, Tavanafar S, E. S. Shaping Ability of 4 Different Single-file Systems in Simulated S-shaped Canals. *J Endod*. 2015; 41: p. 548-552.
31. Schneider S. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg*. 1971; 32: p. 271-275.
32. Wei X, Ling J, Jiang J, Huang X, Liu L. Modes of Failure of ProTaper Nickel-

- Titanium Rotary Instruments after Clinical Use. J Endod. 2007; 33: p. 276 – 279.
33. Goldstein J. Scanning Electron Microscopy and x-Ray microanalysis. Kluwer Academic/Plenum Publishers. 2003;: p. 683 - 3.
  34. Rodríguez Gutierrez S, Díaz Romero C, Gamboa Martínez L, Niño Barrera J. Evaluación in vitro de la fractura de los instrumentos rotatorios Mtwo® y ProTaper®. Acta Odontológica Colombiana. 2013; 3: p. 41-56.
  35. DENTPLY International Inc. [Online].; 2015 [cited 2015 Julio 11. Available from: <https://www.dentsply.co.uk/Products/Endodontics/Equipment/X-Smart-Plus.aspx> <https://www.dentsply.co.uk/Products/Endodontics/Equipment/X-Smart-Plus.aspx> .
  36. DENTPLY International Inc. [Online].; 2015 [cited 2015 Julio 18. Available from: <https://www.dentsply.co.uk/Products/Endodontics/Endodontic-Files/Rotary-Files/ProTaper-Next.aspx> <https://www.dentsply.co.uk/Products/Endodontics/Endodontic-Files/Rotary-Files/ProTaper-Next.aspx> .
  37. DENTPLY International Inc. [Online].; 2015 [cited 2015 Julio 18. Available from: <https://www.dentsply.co.uk/Products/Endodontics/Endodontic-Files/Rotary-Files/ProTaper-Universal-Rotary.aspx> <https://www.dentsply.co.uk/Products/Endodontics/Endodontic-Files/Rotary-Files/ProTaper-Universal-Rotary.aspx> .
  38. Ouns iH, Salameh Z, Al-Shalan , al. e. Effect of clinical use on the cyclic fatigue resistance of ProTaper nickel-titanium rotary instruments. J Endod. 2007; 33: p. 737–41.
  39. Pruett J, Clement D, Carnes D. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. J Endod. 1997; 23: p. 77–85.