

Evaluación in vitro de la fractura de los instrumentos rotatorios Mtwo® y ProTaper®*

In vitro evaluation of the failure of rotary instruments Mtwo® y ProTaper®*

Sandra Bibiana Rodríguez Gutiérrez ¹

Claudia Marcela Díaz Romero ²

Luis Fernando Gamboa Martínez ³

Javier Laureano Niño Barrera ⁴

ABSTRACT

Introduction: Successful treatment depends on the endodontic removal of microorganisms with chemomechanical preparation. Rotary NiTi instruments offer greater flexibility and efficiency in the court, but the failure of these can occur unexpectedly by metal fatigue. **Objective:** To determine in vitro the first instrument that this fracture and the number of uses before observe in Mtwo® and ProTaper® rotary systems. **Methodology:** Experimental study in vitro preparation of comparative descriptive results. A total of 50 Rotary ProTaper® instruments and 40 Mtwo® was used to prepare Maillefer® acrylic cubes with simulated curves recorded lima which is the first of each series to be fractured and how each game uses limes stand before fracture. **Results:** The number of uses before breaking for ProTaper® is Mtwo® 3,9 and 9,7 is the first file in fractured ProTaper® is the F1 and Mtwo® is the 25/.06 (p 0.0001). **Conclusion:** The duration of Mtwo® rotary instruments is greater than ProTaper®. Relatively high incidence of fracture for F1 ProTaper® instrument system at four uses and for instrument 25/.06 of Mtwo® system was observed 10 uses, with a low incidence of deformation or change in macroscopically identifiable structure before failure occur.

KEY WORDS

Rotary files, Nickel-Titanium, Fracture of endodontic files, ProTaper®, Mtwo®

RESUMEN

Introducción: el éxito del tratamiento endodóntico depende de la eliminación de los microorganismos con la preparación quimio-mecánica. Los instrumentos rotatorios de Níquel-Titanio ofrecen una mayor flexibilidad y eficiencia en el corte, pero la fractura de estos puede ocurrir inesperadamente por fatiga del metal. **Objetivo:** determinar in vitro el primer instrumento que presente fractura y el número de usos antes de observarla en los sistemas rotatorios Mtwo® y ProTaper®. **Metodología:** estudio experimental in vitro con presentación de resultados descriptivos comparativos. Se utilizó un total de 50 instrumentos rotatorios ProTaper® y 40 Mtwo® para preparar cubos acrílicos Maillefer® con curvas simuladas registrándose cuál es la primera lima de cada serie que se fracturó y cuántos usos soportó cada juego de limas antes de la fractura. **Resultados:** el número de usos antes de la fractura para ProTaper® es 3,9 y para Mtwo® es 9,7 La primera lima ProTaper® en fracturarse fue la F1 y para Mtwo® es la 25/.06. **Conclusión:** la duración de los instrumentos rotatorios de Mtwo® es mayor a los de ProTaper® (p 0.0001). Se observó una incidencia relativamente alta de fractura para el instrumento F1 del sistema ProTaper® a los 4 usos y del instrumento 25/.06 para el sistema Mtwo® a los 10 usos, con una baja incidencia de deformación o cambio en la estructura identificable macroscópicamente antes de presentarse la falla.

PALABRAS CLAVE

Instrumento rotatorio, Níquel-Titanio, Fractura de instrumentos, ProTaper®, Mtwo®.

* Trabajo de grado para optar al título de Especialista en endodancia, Facultad de Odontología Universidad Nacional de Colombia.

¹ Odontóloga especialista en Endodancia Facultad de Odontología Universidad Nacional de Colombia. Correo electrónico: sbrodriguezg@unal.edu.co.

² Odontóloga especialista en Endodancia Facultad de Odontología Universidad Nacional de Colombia. Correo electrónico: cmdiazr@unal.edu.co.

³ Profesor Posgrado de Endodancia Universidad El Bosque, Bogotá-Colombia.

⁴ Profesor Asistente Posgrado de Endodancia Facultad de Odontología Universidad Nacional de Colombia. Correo electrónico: jlninob@unal.edu.co.

INTRODUCCIÓN

El éxito del tratamiento endodóntico depende entre otros factores de la correcta eliminación de los microorganismos, a través de la instrumentación quimio-mecánica del sistema de conductos radiculares (1-4). Esto incluye la eliminación del tejido infectado responsable de la patología endodóntica y la creación de una forma cónica adecuada para permitir el paso de los irrigantes o medicamentos requeridos en el tratamiento y adicionalmente debe permitir la obturación definitiva del conducto, por consiguiente, la preparación biomecánica del sistema de conductos radicular es el principal paso en la eliminación de la infección, y para cumplir con este objetivo se ha sugerido el uso de diferentes instrumentos y técnicas de preparación (1-4).

El desarrollo y comercialización de la aleación de Níquel-Titanio ha permitido su uso en odontología debido a sus propiedades mecánicas (5), siendo una de sus principales características la súper elasticidad (6). En comparación con las propiedades físicas de los instrumentos de acero inoxidable, los instrumentos de Níquel-Titanio ofrecen una mayor flexibilidad y en cuanto al comportamiento clínico, menor extrusión periapical de residuos (7) y una mejor conformación respetando la anatomía original del conducto (8), permitiendo una adecuada conicidad, una mayor conservación de las estructuras dentales, un menor tiempo de trabajo y una reducción en el número de instrumentos requeridos con respecto a las técnicas endodónticas tradicionales que usan limas manuales de acero inoxidable (1, 5, 9-12).

Se han introducido en el mercado diversos instrumentos rotatorios de Níquel-Titanio dentro de los que podemos encontrar el sistema Mtwo®, diseñado con conicidad constante para trabajar desde el primer instrumento a la longitud de trabajo; y el sistema ProTaper® que ha sido diseñado con una conicidad variable para ser utilizado con una técnica corono-apical, donde cada instrumento prepara selectivamente diferentes áreas del conducto radicular reduciendo la fricción intraconducto (1, 12-14).

La fractura de los instrumentos rotatorios de Níquel-Titanio puede ocurrir inesperadamente como resultado de múltiples factores tales como el uso incorrecto o excesivo que genera la fatiga del metal (8), esta fractura como tal es un accidente potencialmente grave, que puede complicar y comprometer el resultado del tratamiento endodóntico, especialmente si el fragmento impide el acceso a la parte apical de un conducto inicialmente infectado (15, 16) impidiendo la adecuada conformación, limpieza y selle homogéneo del sistema de conductos radiculares (16).

No hay un consenso con respecto al número de usos que soporta antes de la fractura un instrumento rotatorio de Níquel-Titanio (9, 16-19). Varios autores han aceptado que la fractura de los instrumentos de Níquel-Titanio está influenciada mayoritariamente por la forma en que se utilizan y no por el número de veces que son usados (15, 16), aunque el deterioro y la formación de microgrietas en la superficie son alteraciones que no pueden ser fácilmente perceptibles en una situación clínica (15, 16, 20). El propósito de este estudio fue evaluar la fractura de los instrumentos rotatorios de Níquel-Titanio ProTaper® y Mtwo® y la cantidad de usos soportados antes de la fractura durante la preparación endodóntica en cubos acrílicos con conductos curvos simulados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio experimental *in vitro* con presentación de resultados comparativos entre los sistemas rotatorios Mtwo® y ProTaper® para determinar el primer instrumento que presente fractura y el número de usos antes de observarla.

Un total de 50 instrumentos rotatorios ProTaper® Universal (DentsplyMaillefer, Ballaigues, Suiza), 10 de cada referencia (SX, S1, S2, F1 y F2) y 40 instrumentos rotatorios Mtwo® (VDW, Munich, Alemania), 10 de cada referencia (10/.04, 15/.05, 20/.06 y 25/.06) se utilizaron en el presente estudio en la preparación de cubos acrílicos estandarizados Maillefer® con curvas simuladas.

Los cubos fueron preparados por un solo operador en sesiones de 3 horas diarias, dedicando cada sesión a un solo sistema y siguiendo las indicaciones del fabricante. Se realizó irrigación con 1 cc de agua destilada después del uso de cada lima.

Los motores para los sistemas rotatorios que se utilizaron fueron el VDW Silver® (VDW, Alemania) para el sistema Mtwo® y el X-Smart® (Dentsply®, Maillefer®) para el sistema ProTaper®, ya que estos dos motores son los recomendados por la casa fabricante de cada sistema y tienen la programación de torque y revoluciones por minuto para el uso de cada lima.

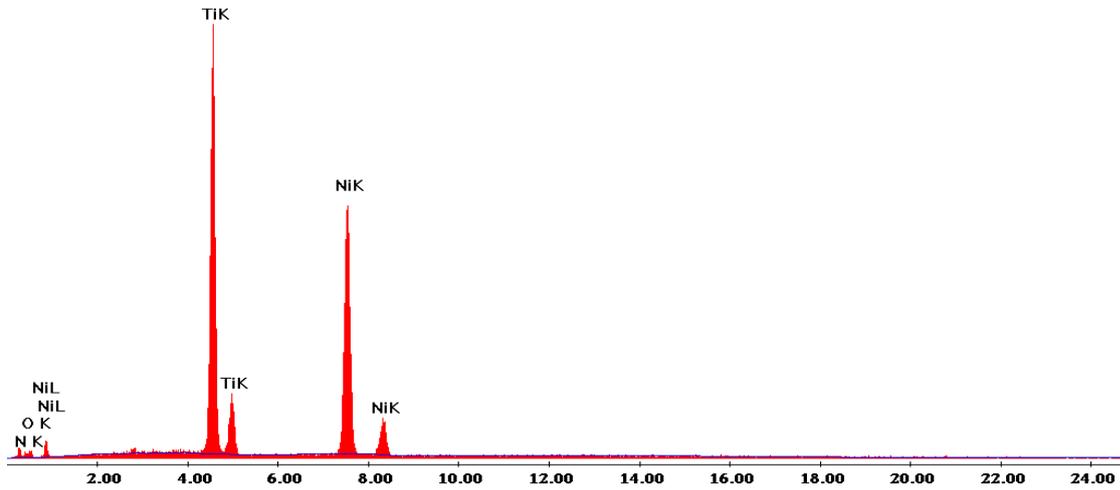
Antes de iniciar el procedimiento se esterilizaron las limas ProTaper®. Las limas Mtwo® no se esterilizaron, ya que estas vienen en empaques sellados y previamente esterilizadas esto se realizó para simular el uso clínico. Las limas se limpiaron entre usos para retirar detritos en las estrías.

Una vez se terminó la preparación de cada cubo los instrumentos utilizados se sumergieron en detergente enzimático Enzidina® (HolandinaPharmaceutical, Bogotá, Colombia) durante 10 minutos, posteriormente se lavó la superficie de los instrumentos con agua y cepillo de cerdas suaves, se secaron con una toalla absorbente, se empaquetaron en bolsas de polipropileno-poliéster con base de papel autosellables y se esterilizaron siguiendo el protocolo de bioseguridad de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Colombia (21). Este procedimiento se realizó hasta que se presentó la fractura del primer instrumento y se retiró el juego completo de cada sistema iniciando el mismo procedimiento con un juego nuevo.

Una observación en detalle de la fractura se hizo con el microscopio quirúrgico (DM Line Optodental Modelo DMPRO) del Posgrado de Endodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Colombia a una magnificación de 8X. Se realizó la toma de fotografías para observar la superficie fracturada por medio de la utilización del estereomicroscopio Nikon SMZ 800 C-DS a 1.5X a 40X (Laboratorio de Microscopía Óptica Universidad Nacional de Colombia).

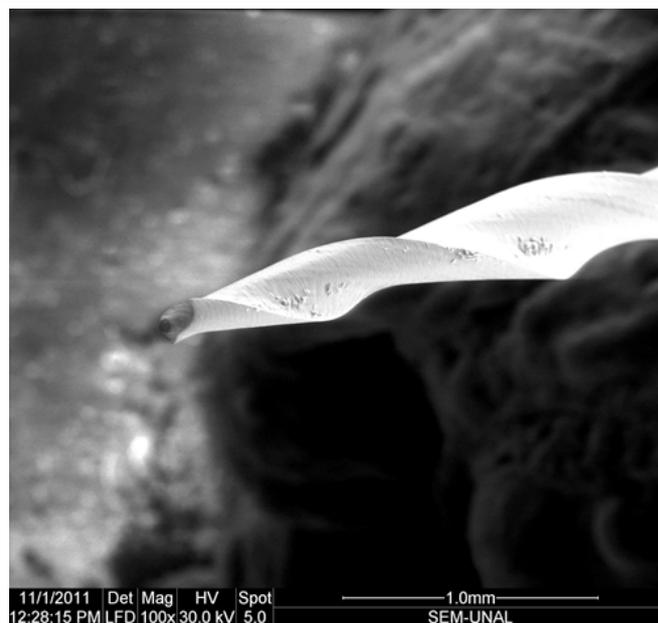
Para comprobar que la composición por elementos de cada una de las limas de los sistemas ProTaper® y Mtwo® fuera igual y no creara un posible sesgo en los resultados se decidió hacer un análisis con microscopía electrónica de barrido SEM (FEI Quanta 200), en el Laboratorio Microscopía Electrónica Universidad Nacional de Colombia. En esta observación se comprobó que no hay diferencia en la composición por elementos de los instrumentos rotatorios de Níquel-Titanio ProTaper® y Mtwo® (ver figuras 1, 2,3 ,4).

FIGURA 1: COMPOSICIÓN POR ELEMENTOS SISTEMA MTWO®



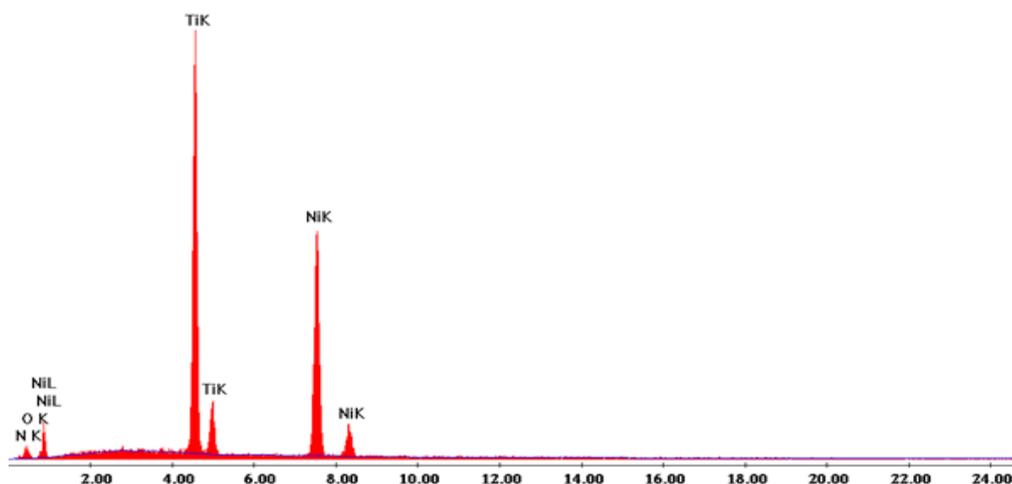
Fuente: Laboratorio Microscopía Electrónica Universidad Nacional de Colombia.

FIGURA 2: IMAGEN POR MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO SEM SISTEMA MTWO® LIMA 25/06



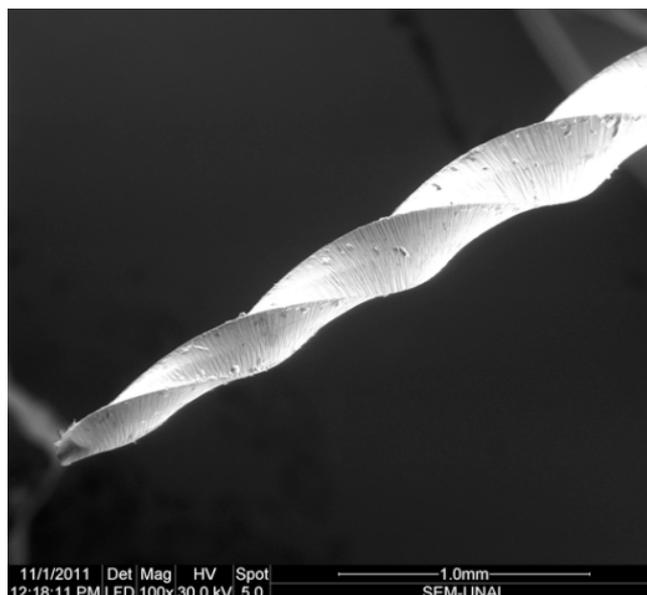
Fuente: Laboratorio Microscopía Electrónica Universidad Nacional de Colombia.

FIGURA 3: COMPOSICIÓN POR ELEMENTOS SISTEMA PROTAPER®



Fuente: Laboratorio Microscopía Electrónica Universidad Nacional de Colombia.

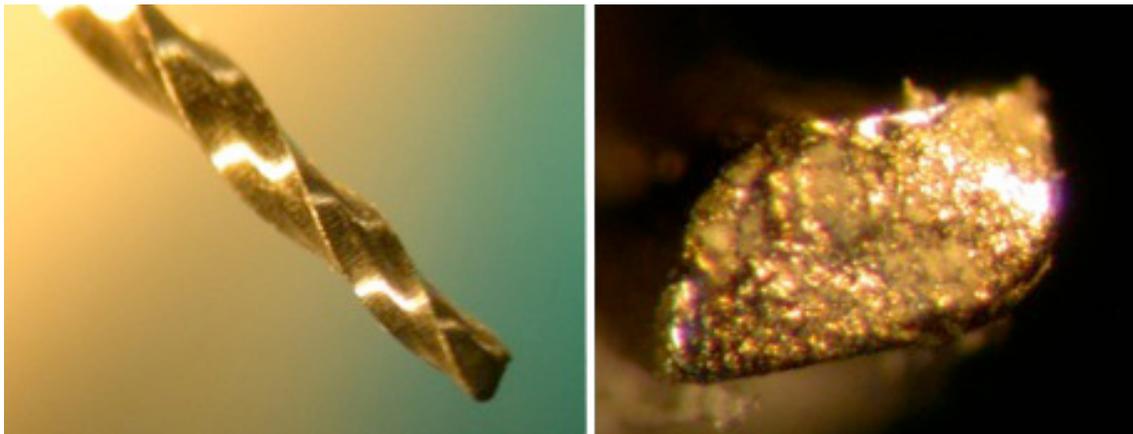
FIGURA 4: IMAGEN POR MICROSCOPÍA ELECTRÓNICA DE BARRIDO SEM SISTEMA PROTAPER® LIMA F1



Fuente: Laboratorio Microscopía Electrónica Universidad Nacional de Colombia.

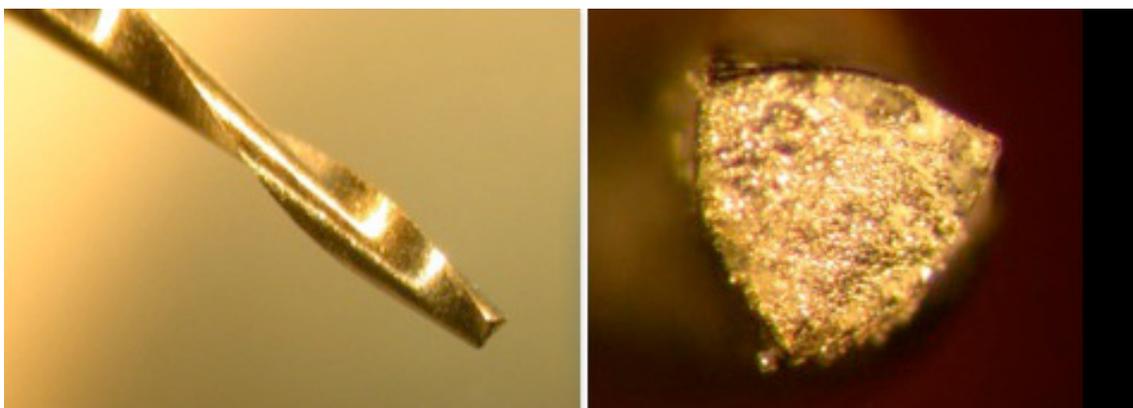
Se tomaron fotografías de las limas ProTaper® y Mtwo® en el exterior e interior de la lima después de la fractura (ver figuras 5 y 6). Las limas utilizadas se desecharon en un depósito de materiales corto punzantes, para su posterior eliminación. Se registraron los datos de cantidad de usos y del primer instrumento en presentar fractura.

FIGURA 5: VERIFICACIÓN DE SUPERFICIE FRACTURADA LIMA 25/.06 SISTEMA Mtwo®. IMAGEN POR ESTEREOMICROSCOPÍA.



Fuente: Laboratorio Microscopía Óptica Universidad Nacional de Colombia.

FIGURA 6: VERIFICACIÓN DE SUPERFICIE FRACTURADA LIMA F1 SISTEMA PROTAPER® IMAGEN POR ESTEREOMICROSCOPÍA



Fuente: Laboratorio Microscopía Óptica Universidad Nacional de Colombia.

SECUENCIA DE INSTRUMENTACIÓN

Sistema Mtwo®

Para este sistema se utilizó la secuencia básica conformada por los instrumentos 10/-04, 15/.05, 20/.06 y 25/.06. Se utilizó la técnica sugerida por el fabricante (22) que consiste en la

realización de un pre-ensanchamiento del tercio cervical y medio con fresas Gates Glidden #1 y 2. Se realizó 'glidepath' (comprobación de la permeabilidad del conducto y creación de la trayectoria de deslizamiento) (23) hasta una lima manual ISO #10 y #15 y se determinó la longitud de trabajo.

Este sistema utiliza la técnica de una sola longitud, en donde el primer instrumento 10/04 avanza por el conducto hasta alcanzar la longitud de trabajo mediante el uso de movimientos de cepillado y sin ejercer presión, una vez se haya alcanzado dicha longitud se continúa con el siguiente instrumento hasta completar la secuencia básica. Los torques y la velocidad utilizados fueron los que están preestablecidos en el motor VDW Silver® (VDW, Alemania)

Sistema ProTaper®

Para este sistema se utilizó la secuencia básica recomendada por Ruddle (24, 25) conformada por los instrumentos S1, S2, F1 y F2, adicionando el instrumento SX, con el cual se realizó el pre-ensanchamiento. Con limas manuales ISO #10 y #15 se confirmó la ruta de acceso y permeabilidad del conducto. Se determinó la longitud de trabajo (lima #15). El ensanchamiento cervical del conducto se realizó con la lima SX. Posteriormente, la longitud de trabajo establecida se transfirió a las limas S1 y S2. La limas S1 y S2 se utilizan con movimientos de 'cepillado' sin ser forzadas hasta alcanzar la longitud de trabajo previamente determinada.

Conformados los dos tercios cervicales del conducto, se procede a la exploración del tercio apical verificando la permeabilidad del conducto. La preparación se terminó con movimientos de 'no cepillado' o 'picoteo' y sin presión vertical. La lima F1 entró de manera pasiva en el conducto, llegando en cada inserción a mayor profundidad hasta alcanzar la longitud de trabajo, se verificó la eliminación de detritus de las estrías, se irrigó y recapituló, confirmando la permeabilidad del conducto. La lima de acabado F2, se utilizó con el mismo movimiento de la lima F1. Después de cada instrumento se irrigó y recapituló con una lima #10. Los torques utilizados fueron programados en el motor X-Smart® (Dentsply®, Maillefer®). Se programaron los torques mínimos recomendados por el fabricante para cada instrumento, la velocidad utilizada fue la preestablecida en el motor.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis descriptivo de los datos (promedio y desviación estándar) y posteriormente se llevó a cabo una estadística inferencial no paramétrica, debido al tamaño de muestra, se utilizó el test de Mann-Whitney, en donde se plantea como hipótesis nula: H0: No hay diferencias en el número de usos entre las limas ProTaper® y las limas Mtwo® asimismo se plantea una hipótesis alterna: Ha: Hay diferencias en el número de usos entre las limas ProTaper® y las limas Mtwo®. El valor para establecer significancia estadística fue 0.05.

RESULTADOS

Los datos observados fueron los números de usos que tuvieron los instrumentos rotatorios para la preparación de conductos radiculares hasta que se fracturaron. Los instrumentos Mtwo® que siguieron funcionando adecuadamente después del décimo uso y de los cuales no se obtuvo información sobre la cantidad de usos posteriores se reportaron en las tablas como 10 o más usos.

Antes de incluir el resultado de estas pruebas, se presenta la descripción de las observaciones realizadas en las tablas 1 y 2. El número de usos promedio antes de la fractura para el sistema ProTaper® fue de 3.9, mientras que el número de usos promedio para las limas Mtwo® fue de 9.7 (Tabla 3).

TABLA 1: INFORMACIÓN RECOLECTADA PARA EL SISTEMA PROTAPER®

Juego ProTaper®	Número de Usos	Primera lima en fracturarse
1	4	F1
2	4	F1
3	4	F1
4	4	F1
5	1	S1
6	2	S2
7	6	F1
8	4	F1
9	6	F2
10	4	F2

Fuente: elaboración propia

TABLA 2: INFORMACIÓN RECOLECTADA PARA EL SISTEMA MTWO®

Juego Mtwo®	Número de Usos	Primera lima en fracturarse
1	10	25/0.6
2	9	25/0.6
3	10 o mas	NA
4	10 o mas	NA
5	10 o mas	NA
6	10 o mas	NA
7	10 o mas	20/0.6
8	10 o mas	NA
9	8	25/0.6
10	10 o mas	25/0.6

Fuente: elaboración propia

TABLA 3 NÚMERO DE USOS PROMEDIO POR CADA TIPO DE LIMA UTILIZADA

Grupo	Promedio de usos por grupo	Desviación Estándar
ProTaper®	3.9	1.5238839
Mtwo®	9.7	0.67494856
Total	6.8	3.1887962

Fuente: elaboración propia

En el análisis descriptivo e identificando los usos que se pudieron hacer de los instrumentos rotatorios de cada marca, se puede observar que la lima Mtwo® soportó una mayor cantidad de usos, en todos los casos que la lima ProTaper®.

En cuanto a la estadística inferencial, la prueba de Mann-Whitney arrojó un valor p de 0.0001, indicando que se acepta la hipótesis alterna que dice que hay diferencias estadísticamente significativas entre el número de usos de las limas ProTaper® y el número de usos que soportó la lima Mtwo®, observando de nuevo claramente que la duración de los instrumentos rotatorios Mtwo® es mayor que la observada con los instrumentos ProTaper®.

Para determinar la primera lima en fracturarse para cada uno de los sistemas, se realizó un análisis descriptivo de los datos en donde se encontró que para el sistema ProTaper® la lima F1 es la que presenta mayor cantidad de fracturas (Tabla 4), y para el sistema Mtwo® la lima 25/0.6 es la que presenta más fracturas (Tabla 5).

TABLA 4: RECUENTO DE FRACTURAS DEL SISTEMA PROTAPER®

Lima que se fractura Sistema ProTaper®	Recuento de fracturas
	6 (60%)
F1	2(20%)
F2	1(10%)
S1	1(10%)
S2	Total 10 – 100 %

Fuente: elaboración propia

TABLA 5: RECUENTO DE FRACTURAS DEL SISTEMA MTWO®

Lima que se fractura Sistema Mtwo®	Recuento de fracturas
	4(80%)
25/0.6	1(20%)
20/0.6	Total 5 – 100%
	Las limas que después de 10 usos no se fracturaron se registraron como NA

Fuente: elaboración propia

DISCUSIÓN

Por razones éticas y dificultad para conseguir un tamaño de muestra adecuado la presente investigación *in vitro*, se llevó a cabo con conductos pre-clínicos simulados fabricados en acrílico con curvas estandarizadas, estos cubos han sido previamente utilizados para evaluar distintos sistemas rotatorios de Níquel-Titanio (1, 26-28).

Debido a la diferencia que se presenta en los honorarios que se pagan por los tratamientos de endodoncia en Colombia con relación a Europa y los Estados Unidos, los endodoncistas en nuestro país tienen que reutilizar las limas rotatorias de Níquel-Titanio, a pesar de que la recomendación de las casas fabricantes es un sólo uso. En efecto, en promedio

un tratamiento de conductos en consulta privada en Colombia tiene un valor promedio de \$300000 (29), aproximadamente US150, mientras un tratamiento de endodoncia en Estados Unidos tiene un costo promedio de US 900 (30). En el caso de las limas rotatorias de Níquel-Titanio, su costo en Colombia oscila entre \$100000 y \$120000, unos US60 con lo que la relación entre el costo de las limas y el costo del tratamiento es distinta en Colombia que en los países mencionados

Es claro suponer que con una relación de costo Vs. instrumental como la que se presenta en Estados Unidos se puede recomendar un solo uso de las limas rotatorias de Níquel-Titanio, sin embargo para nuestra realidad colombiana no es rentable para el especialista en endodoncia utilizar estas limas una sola vez. La situación es peor si nos refiriéramos al sistema de salud colombiano, por el plan obligatorio de salud (POS), un tratamiento de endodoncia tiene un costo de \$240000 (31) aproximadamente, lo que haría imposible la utilización de esta tecnología por parte de las empresas promotoras de salud o de los hospitales públicos.

Además de lo mencionado anteriormente desde el punto de vista de una casa fabricante, es más rentable recomendar un solo uso de las limas rotatorias de Níquel-Titanio ya que esto implicaría un mayor consumo de dichas limas por parte de los endodoncistas. Afortunadamente, en la literatura endodóntica se ha investigado la utilización de las limas rotatorias de Níquel-Titanio con respecto al número de usos y su posibilidad de fractura. El presente estudio busca aportar sobre este tema de discusión, tomando como elementos de investigación los dos sistemas rotatorios que más se utilizan en Colombia como son el ProTaper® y Mtwo®.

En la presente investigación, ambos sistemas utilizaron la secuencia básica basados en que, según las recomendaciones de la casa fabricante, son las limas que con mayor frecuencia se usan en la preparación de los conductos (9).

En los resultados del presente estudio para la lima ProTaper® se encontró que el número de usos en donde más se presentó fractura fue el cuarto, lo cual concuerda con Parashos *et al.* (32), quienes confirmaron que la incidencia de fractura es multifactorial y que la recomendación de un solo uso ignora este hecho.

Spanaki *et al* (33) igualmente encontraron que el 26% de las limas se fracturaron en el cuarto uso siendo el porcentaje de fractura más alto; con respecto a los porcentajes de los otros usos hubo coincidencias parciales 10% de fractura durante el primer uso y 20% durante el sexto uso lo que concuerda con los resultados del presente, estudio, no hubo coincidencia en el segundo uso en el cual los resultados fueron 23% contra 10% de los resultados del presente estudio, 14% durante el tercer uso y 7% durante el quinto uso contra 0% de los resultados de la presente investigación.

Teniendo en cuenta los resultados de nuestro estudio recomendamos cuatro usos como máximo para las limas ProTaper®, lo cual concuerda con lo afirmado por Yared *et al* (34), quienes recomiendan cuatro usos para las limas rotatorias de Níquel-Titanio. En la misma investigación concluyeron que la irrigación con hipoclorito de sodio y la esterilización de los instrumentos rotatorios no afecta la fatiga cíclica de las limas rotatorias de Níquel-Titanio (34), lo que coincide con lo observado en el presente estudio

Para el instrumento Mtwo®, en la presente investigación se encontró que en su mayoría estas limas tuvieron 10 o más usos sin presentar fractura, resultados comparables con lo encontrado por Gambarini *et al* (35), los cuales concluyeron que se pueden utilizar instrumentos rotatorios de Níquel-Titanio con seguridad por al menos 10 usos. Arens *et al* (36),

concluyeron que el 86% de las limas que utilizaron una sola vez, no tenían defectos estructurales asociados, por lo cual se podrían utilizar una segunda vez, sin embargo advierte que sería imprudente utilizarlas en más ocasiones debido al riesgo de fractura, esto está en desacuerdo con los resultados del presente estudio en donde se encontró que el 60% de las limas ProTaper® soportó cuatro usos y el 80% de las limas Mtwo® soportó al menos 10 usos; Arens *et al* (36) recomiendan observar la conformación del conducto que se va a tratar, curvatura, calcificaciones, longitud, antes de evaluar si realmente un instrumento rotatorio soportaría un determinado número de usos. En el presente estudio se utilizaron conductos simulados estandarizados lo que no nos permite evaluar estos factores; sin embargo, consideramos muy importante valorar estos aspectos antes de reutilizar una lima rotatoria de Níquel-Titanio, sin importar la casa comercial o el diseño que tenga.

Las recomendaciones técnicas y de diseño mencionan que la lima 10 Mtwo® es la más delgada de la serie y por lo tanto podría tener una mayor tendencia a la fractura, por su parte la casa fabricante de ProTaper® recomienda hacer un recambio frecuente de la lima S1 debido a que es usada para preparar el tercio coronal del conducto inicialmente, y luego para ampliar el tercio medio cuando la longitud de trabajo es conocida con lo que se podría suponer que en cada conducto el instrumento ProTaper® S1 es usado dos veces en cada tratamiento, a diferencia de los otros instrumentos de la serie, teniendo como consecuencia que es más probable que sufra más daño o desgaste y por ende más posibilidad de fractura, en el presente estudio, sin embargo, observamos que estos análisis no concuerdan con nuestros resultados donde observamos que los instrumentos 25/.06 para el sistema Mtwo® y F1 para el sistema ProTaper®, son las limas que más presentaron fracturas.

En el presente estudio se encontró que el 10% de las limas fracturadas correspondían a la S1 lo cual no concuerda por lo reportado por Peng *et al* (20) quienes encontraron que cerca del 38% de todas las limas desechadas en su estudio fueron instrumentos S1. En el estudio de Shen *et al* (15), se encontró que la lima de la serie ProTaper® que más tendencia tenía a la fractura era la S2 seguida por la S1 y después por la F1, lo cual no concuerda con los resultados de la presente investigación donde se encontró que la lima de la serie ProTaper® que más tendencia tiene a la fractura es la F1 seguida de la F2 y posteriormente de la S1 y S2. La diferencia de los resultados se puede deber a que en el estudio de Shen *et al* (15), las preparaciones fueron hechas por distintos endodoncistas y estudiantes de odontología, mientras que en la presente investigación las preparaciones fueron realizadas por un solo operador. Es interesante observar que las fracturas reportadas por Shen *et al* (15) se presentaron en el primer uso, en donde se encontraría una coincidencia con el presente estudio en donde la lima S1 presentó fractura en el primer uso.

Para el caso de las limas Mtwo®, Inan *et al* (9), Uroz-Torres *et al* (11) y Plotino *et al* (37), reportan en las conclusiones de sus investigaciones, una disminución en la resistencia a la fatiga cíclica después de un uso clínico prolongado, pero permitiendo sin embargo ser reutilizadas hasta por 10 veces, estos resultados concuerdan con lo hallado en el presente estudio en donde encontramos que el 80% de las limas Mtwo® soportaron 10 o más usos.

Plotino *et al* (38), reportaron en su estudio *in vitro*, un mayor número de ciclos antes de presentar fractura en las limas Mtwo® que en las limas ProTaper®, concluyendo igualmente que las limas Mtwo® soportan un mayor número de usos que las limas ProTaper®, lo cual concuerda con los resultados de la presente investigación en donde se encontró que hay diferencia estadísticamente significativa entre el mayor número de usos que soportan las limas Mtwo® al ser comparadas con las limas ProTaper®.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La duración de los instrumentos rotatorios del sistema Mtwo® es significativamente mayor a la duración de los instrumentos del sistema ProTaper®.
2. La lima F1 del sistema ProTaper® y la 25/06 del sistema Mtwo® son las limas que más se fracturaron en cada serie. Se observó una incidencia relativamente alta de fractura para el instrumento F1 del sistema ProTaper® a los 4 usos y del instrumento 25/06 para el sistema Mtwo® a los 10 usos, con una baja incidencia de deformación o cambio en la estructura identificable macroscópicamente antes de presentarse la fractura.
3. Los instrumentos deben ser revisados cuidadosamente antes de cada uso y pueden ser desinfectados y debidamente esterilizados si se van a utilizar más de una vez.
4. Se recomienda la realización de un estudio posterior en donde se utilicen otros sistemas rotatorios para evaluaciones comparativas en cuanto a cantidad de usos y primer instrumento en presentar fractura si como la utilización de un tamaño de muestra mayor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. [SCHAFFER E, ERLER M, DAMMASCHKE T](#). Comparative study on the shaping ability and cleaning efficiency of rotary Mtwo instruments. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. *Int Endod J*. 2006;39(3):196–202. Epub 2006/03/02.
2. [SCHAFFER E, ERLER M, DAMMASCHKE T](#). Comparative study on the shaping ability and cleaning efficiency of rotary Mtwo instruments. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J*. 2006;39(3):203–12. Epub 2006/03/02.
3. [HULSMANN M PO, DUMMER P](#). Mechanical preparation of root canals: Shaping goals, techniques and means. *Endodontic Topics*. 2005;10:30–76.
4. [GEKELMAN D, RAMAMURTHY R, MIRFARSI S, PAQUE F, PETERS OA](#). Rotary nickel–titanium GT and ProTaper files for root canal shaping by novice operators: a radiographic and micro–computed tomography evaluation. *J Endod*. 2009;35(11):1584–8. Epub 2009/10/21.
5. [WALIA HM, BRANTLEY WA, GERSTEIN H](#). An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod*. 1988;14(7):346–51. Epub 1988/07/01.
6. [MIYAI K, EBHARA A, HAYASHI Y, DOI H, SUDA H, YONEYAMA T](#). Influence of phase transformation on the torsional and bending properties of nickel–titanium rotary endodontic instruments. *Int Endod J*. 2006;39(2):119–26. Epub 2006/02/04.
7. [ZARRABI MH, BIDAR M, JAFARZADEH H](#). An in vitro comparative study of apically extruded debris resulting from conventional and three rotary (Profile, Race,

- FlexMaster) instrumentation techniques. *Journal of oral science*. 2006;48(2):85-8. Epub 2006/07/22.
8. KELL T, AZARPAZHOOH A, PETERS OA, EL-MOWAFY O, TOMPSON B, BASRANI B. Torsional profiles of new and used 20/06 GT series X and GT rotary endodontic instruments. *J Endod*. 2009;35(9):1278-81. Epub 2009/09/02.
 9. INAN U, GONULOL N. Deformation and fracture of Mtwo rotary nickel-titanium instruments after clinical use. *J Endod*. 2009;35(10):1396-9. Epub 2009/10/06.
 10. PAQUE F, GANAHL D, PETERS OA. Effects of root canal preparation on apical geometry assessed by micro-computed tomography. *J Endod*. 2009;35(7):1056-9. Epub 2009/07/02.
 11. UROZ-TORRES D, GONZALEZ-RODRIGUEZ MP, FERRER-LUQUE CM. Effectiveness of a manual glide path on the preparation of curved root canals by using Mtwo rotary instruments. *J Endod*. 2009;35(5):699-702. Epub 2009/05/05.
 12. AZAR MR, MOKHTARE M. Rotary Mtwo system versus manual K-file instruments: efficacy in preparing primary and permanent molar root canals. *Indian journal of dental research : official publication of Indian Society for Dental Research*. 2011;22(2):363. Epub 2011/09/06.
 13. FOSCHI F, NUCCI C, MONTEBUGNOLI L, MARCHIONNI S, BRESCHI L, MALAGNINO VA, ET AL. SEM evaluation of canal wall dentine following use of Mtwo and ProTaper NiTi rotary instruments. *Int Endod J*. 2004;37(12):832-9. Epub 2004/11/19.
 14. GRANDE NM, PLOTINO G, PECCI R, BEDINI R, MALAGNINO VA, SOMMA F. Cyclic fatigue resistance and three-dimensional analysis of instruments from two nickel-titanium rotary systems. *Int Endod J*. 2006;39(10):755-63. Epub 2006/09/05.
 15. SHEN Y, HAAPASALO M, CHEUNG GS, 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(1):129-32. Epub 2008/12/17.
 16. CHEUNG GS. Instrument fracture: mechanisms, removal of fragments, and clinical outcomes. *Endodontic Topics*. 2007;16(1):1-26. Epub 21 APR 2009
 17. LEE W, SONG M, KIM E, LEE H, KIM HC. A survey of experience-based preference of Nickel-Titanium rotary files and incidence of fracture among general dentists. *Restorative dentistry & endodontics*. 2012;37(4):201-6. Epub 2013/02/23.
 18. ULLMANN CJ, PETERS OA. Effect of cyclic fatigue on static fracture loads in ProTaper nickel-titanium rotary instruments. *J Endod*. 2005;31(3):183-6. Epub 2005/03/01.
 19. GAO MJ, ZHOU J, JIANG XZ, LIANG L. [Evaluation of the fracture of nickel-titanium rotary Protaper during root canal preparation]. *Shanghai kou qiang yi xue = Shanghai journal of stomatology*. 2012;21(3):294-7. Epub 2012/08/14.

20. [PENG B, SHEN Y, CHEUNG GS, XIA TJ](#). Defects in ProTaper S1 instruments after clinical use: longitudinal examination. *Int Endod J*. 2005;38(8):550-7. Epub 2005/07/14.
21. [FAC-ODONTOLOGÍA](#). Protocolo de Bioseguridad. Universidad Nacional de Colombia; Available from: www.odontologia.unal.edu.co.
22. [VDW](#). Catálogo secuencia de uso de las limas rotatorias de Níquel-Titanio Mtwo®. Available from: www.vdw-dental.com.
23. [WEST JD](#). The endodontic Glidepath: "Secret to rotary safety". *Dentistry today*. 2010;29(9):86, 8, 90-3. Epub 2010/10/27.
24. [RUDDLE CJ](#). The ProTaper technique: endodontics made easier. *Dentistry today*. 2001;20(11):58-64, 6-8. Epub 2001/11/22.
25. [RUDDLE CJ](#). The ProTaper endodontic system: geometries, features, and guidelines for use. *Dentistry today*. 2001;20(10):60-7. Epub 2001/10/23.
26. [BRYANT ST, THOMPSON SA, AL-OMARI MA, DUMMER PM](#). Shaping ability of Profile rotary nickel-titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals: Part 1. *Int Endod J*. 1998;31(4):275-81. Epub 1998/11/21.
27. [BRYANT ST, THOMPSON SA, AL-OMARI MA, DUMMER PM](#). Shaping ability of ProFile rotary nickel-titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals: Part 2. *Int Endod J*. 1998;31(4):282-9. Epub 1998/11/21.
28. [CALBERSON FL, DEROOSE CA, HOMMEZ GM, DE MOOR RJ](#). Shaping ability of ProTaper nickel-titanium files in simulated resin root canals. *Int Endod J*. 2004;37(9):613-23. Epub 2004/08/20.
29. [ASOENDOBOGOTA](#). Tarifas de tratamientos endodónticos. Asociación de Endodoncia de Bogotá. Available from: www.asoendobogota.com.
30. [MOLIN JD](#). <http://www.thewealthydentist.com/blog/882/>.
31. [DECRETO 2423](#). Actualizado Por el cual se determina la nomenclatura y clasificación de los procedimientos médicos, quirúrgicos y hospitalarios del Manual Tarifario. Gobierno de Colombia; 2006 actualizado 2013.
32. [PARASHOS P, GORDON I, MESSER HH](#). Factors influencing defects of rotary nickel-titanium endodontic instruments after clinical use. *J Endod*. 2004;30(10):722-5. Epub 2004/09/28.
33. [SPANAKI-VOREADI AP, KEREZOUZIS NP, ZINELIS S](#). Failure mechanism of ProTaper Ni-Ti rotary instruments during clinical use: fractographic analysis. *Int Endod J*. 2006;39(3):171-8. Epub 2006/03/02.
34. [YARED GM, BOU DAGHER FE, MACHTOU P](#). Cyclic fatigue of ProFile rotary instruments after clinical use. *Int Endod J*. 2000;33(3):204-7. Epub 2001/04/20.

35. [GAMBARINI G](#). Cyclic fatigue of ProFile rotary instruments after prolonged clinical use. *Int Endod J*. 2001;34(5):386–9. Epub 2001/08/03.
36. [ARENS FC](#), [HOEN MM](#), [STEIMAN HR](#), [DIETZ GC, JR](#). Evaluation of single-use rotary nickel–titanium instruments. *J Endod*. 2003;29(10):664–6. Epub 2003/11/11.
37. [PLOTINO G](#), [GRANDE NM](#), [SORCI E](#), [MALAGNINO VA](#), [SOMMA F](#). A comparison of cyclic fatigue between used and new Mtwo Ni–Ti rotary instruments. *Int Endod J*. 2006;39(9):716–23. Epub 2006/08/19.
38. [PLOTINO G](#), [GRANDE NM](#), [MELO MC](#), [BAHIA MG](#), [TESTARELLI L](#), [GAMBARINI G](#). Cyclic fatigue of NiTi rotary instruments in a simulated apical abrupt curvature. *Int Endod J*. 2010;43(3):226–30. Epub 2010/02/18.

