

# Evaluación del transporte apical producido por cinco sistemas de instrumentación en raíces mesiales de molares inferiores.

Marc García Font

Dipòsit Legal: B. 25472-2012

**ADVERTIMENT.** La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX ([www.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

**ADVERTENCIA.** La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR ([www.tesisenred.net](http://www.tesisenred.net)) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

**WARNING.** On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX ([www.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

EVALUACIÓN DEL TRANSPORTE APICAL PRODUCIDO POR CINCO  
SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN EN RAICES MESIALES DE  
MOLARES INFERIORES.

Departamento de Restauradora Dental y Endodoncia. Facultad de Odontología  
Programa de Doctorado: Doctorado en Odontología  
Universitat Internacional de Catalunya

TESIS DOCTORAL

MARC GARCIA FONT

JULIO 2012

DIRECTOR

Dr. Fernando Durán-Sindreu Terol

CO-DIRECTORA

Dra. Montserrat Mercadé Bellido



*A la meva parella Carol*

*Als meus pares Antonio i Núria  
Al meu germà Oriol*

*A tots ells per el seu suport incondicional*



AGRADECIMIENTOS

## AGRADECIMIENTOS

---



Al meu director el Dr. Fernando Durán-Sindreu, ja que sense el seu suport no hagués pogut realitzar aquest projecte. Fernando gracies per tot el temps que m'has dedicat tot el que m' has ensenyat, gracies per el teu inestimable suport i ajuda desinteressada.

A la meva codirectora la Dra. Montse Mercadé per totes les hores dedicades a la correcció d'aquesta tesis i per la seva ajuda inestimable i desinteressada.

Al meu amic Gonzalo Olivieri per estar sempre allà, per ajudar-me sense esperar res a canvi y per haver realitzat aportacions a aquesta tesis indispensables per a la seva realització.

Al Dr. Miguel Roig, Sergio Morelló i al Dr. Rufino Bueno, per el seu suport i confiança des de que vaig finalitzar el màster.

A tots els meus companys i alumnes del departament de Restauradora Dental i Endodoncia i en especial, al Guille Doria, Chus Lopez, Roberto Ramos y Gustavo Rodriguez, per la seva participació en la part experimental d'aquests tesis.

Per últim, encara que haurien de ser els primers, a les persones mes properes a mi, aquesta tesis també es vostra...

Als meus pares Antonio i Núria que m'han tramés valors com l'esforç i l'afany de superació. Gràcies per recolzar-me en tot moment i per totes les possibilitats que ens heu ofert, encara que això comportes que us privéssiu vosaltres de coses. Gràcies per l'educació rebuda i per fer que sempre hagi sentit i hem senti estimat.

Al meu germà Oriol per confiar en mi i recolzar-me incondicionalment en tot moment, gràcies per fer de germà gran en els bons i mals moments.

A la meva parella Carol per la teva paciència i comprensió. Per les hores robades durant la realització d'aquesta tesis, per recolzar-me i per estar allà en tot moment. Gràcies per fer que tot sigui millor quan estem junts.





## ÍNDICE

---

ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
1. JUSTIFICACIÓN .....	13
2. HIPÓTESIS.....	17
3. OBJETIVOS .....	21
4. INTRODUCCIÓN .....	25
4.1. Objetivos mecánicos de la instrumentación.....	28
4.2. Problemas durante la limpieza y conformación .....	29
4.3. Factores que influyen en el transporte apical.....	32
4.4. Separación de los instrumentos de níquel titanio .....	33
4.5. Instrumentos rotatorios de níquel titanio.....	35
3.5.1. Sistema ProFile.....	35
3.5.2. Sistema RaCe.....	36
3.5.3. Sistema FlexMaster .....	38
3.5.4. Sistema TwistedFiles.....	40
3.5.5. Sistema Mtwo .....	42
5. ARTÍCULOS .....	45
5.1. A comparison of apical transportation between ProFile and RaCe rotary instruments	47
5.2. A comparison of apical transportation between FlexMaster and Twisted Files rotary instruments .....	59

5.3. Evaluación del transporte apical producido en molares inferiores instrumentados con el sistema Mtwo .....	71
6. DISCUSIÓN .....	81
6.1. Discusión de metodología .....	83
6.1.1. Dientes naturales o cubiletes de resina .....	83
6.1.2. Selección de los sistemas de instrumentación .....	83
6.1.3. Selección del calibre apical .....	85
6.1.4. Evaluación del transporte apical.....	85
6.2. Discusión de resultados.....	86
CONCLUSIONES.....	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	95
ANEXOS	
I. Aprobación proyecto de tesis .....	105
II. Mediciones ángulo, radio y transporte apical.....	109
III. Resumen estadístico de los resultados.....	121
IV. Copia de los artículos aceptados en el <i>Journal of Endodontics</i> .....	125

---

**INDICE DE FIGURAS**

---

<b>Figura 1. A</b> Deformación apical. <b>B</b> Diente diafanizado con deformación apical.....	26
<b>Figura 2.</b> Gráfico que muestra un escalón en el interior de un conducto curvo .....	27
<b>Figura 3.</b> Sección transversal de las limas rotatorias ProFile® .....	33
<b>Figura 4. A</b> Sección transversal. <b>B</b> detalle de la punta de las limas rotatorias RaCe® .....	34
<b>Figura 5.</b> Sección los instrumentos rotatorios FlexMaster® .....	36
<b>Figura 6.</b> Sección los instrumentos rotatorios Mtwo® .....	40



# JUSTIFICACIÓN

---



El objetivo principal del tratamiento de conductos es reducir el número de microorganismos y la presencia de restos patológicos en el interior del sistema de conductos, con el fin de prevenir o tratar la periodontitis apical (1), remover el tejido pulpar remanente y/o necrótico y dar forma a los conductos para que estos puedan ser irrigados y obturados de forma correcta (2). Sin embargo, el hecho de cumplir estos objetivos predispone a complicaciones innecesarias, como bloqueos, perforaciones, pérdida de longitud de trabajo y transporte apical. Estos percances iatrogénicos son atribuibles a conceptos incorrectos sobre la limpieza y la conformación (3). De entre todos estos errores de procedimiento, nosotros nos centraremos en el transporte apical.

De acuerdo con el Glosario de Términos de endodoncia de la Asociación Americana de Endodoncia el transporte apical se define como: "La eliminación de estructura dental en la parte externa de la curvatura del tercio apical del conducto, debido a la tendencia de los instrumentos de recuperar su forma original durante la preparación del conducto"(4). Crear un transporte apical puede llevar a la formación de escalones y a la posibilidad de perforación, y esto se traduce en una disminución del porcentaje de éxito clínico (5).

Los errores de procedimiento tales como el transporte apical y la pérdida de longitud de trabajo se relacionan principalmente con el uso de instrumentos de acero inoxidable y a la compleja anatomía de los conductos (con grandes curvaturas en sentido mesio-distal y vestíbulo-lingual), ya que dichos instrumentos no poseen suficiente flexibilidad (6). Los instrumentos de acero inoxidables, al ser tan rígidos, no pueden mantenerse centrados en el conducto radicular, ya que el mismo instrumento, por su memoria elástica, tiende a recuperar su posición original. A mayor rigidez del instrumento, éste realizará una mayor fuerza sobre la pared de dentina y tenderá a transportar generando desgastes excesivos en determinadas zonas de la pared del conducto radicular.

La aparición de instrumentos rotatorios de níquel-titanio ha revolucionado el tratamiento de conductos presentando las siguientes ventajas respecto los de acero inoxidable: superelasticidad, mayor flexibilidad, capacidad de corte incrementada, reducción de la fatiga del operador, del tiempo de conformación del conducto y de los errores asociados a la instrumentación del sistema de conductos (7,8,9,10), como el transporte apical.

En la actualidad existen muchos sistemas de instrumentación rotatoria con diferentes características en términos de diseño de la sección transversal, conicidad, profundidad de las espiras, número de espiras o espiras por unidad de longitud. La elección del sistema afectará



por lo tanto a la habilidad para conformar el conducto radicular, sobre todo en los conductos curvos.

En la literatura no existen estudios que evalúen y comparen el transporte apical producido por los sistemas ProFile<sup>®</sup> (Tulsa Dental Products, EUA), RaCe<sup>®</sup> (FKG Dentaire, La-Chaux-de-Fods, Suiza), Twisted Files<sup>®</sup> (SybronEndo, Orange, CA, EUA), FlexMaster<sup>®</sup> (VDW, Munich, Alemania), y Mtwo<sup>®</sup> (VDW, Munich, Alemania) en molares inferiores instrumentados hasta un calibre apical de #40.04 por estudiantes de postgrado.

# HIPÓTESIS

---



***Hipòtesis nula ( $H_0$ )***

No existen diferencias estadísticamente significativas al comparar el transporte apical producido por cinco sistemas rotatorios de níquel titanio en raíces mesiales de primeros molares mandibulares instrumentados hasta un calibre apical de 40.04.

***Hipòtesis alternativa ( $H_1$ )***

Van a existir diferencias estadísticamente significativas al comparar el transporte apical producido por cinco sistemas rotatorios de níquel titanio en raíces mesiales de primeros molares mandibulares instrumentados hasta un calibre apical de 40.04.



# OBJETIVOS

---



## **2.1 Objetivo general**

Comparar el transporte apical producido por cinco sistemas rotatorios de níquel titanio en raíces mesiales de primeros molares mandibulares instrumentados hasta un calibre apical de 40.04.

## **2.2 Objetivos específicos**

1. Evaluar el transporte apical producido por el sistema rotatorio de níquel titanio ProFile<sup>®</sup> en raíces mesiales de molares mandibulares instrumentados hasta un calibre apical de 40.04.
2. Evaluar el transporte apical producido por el sistema rotatorio de níquel titanio RaCe<sup>®</sup> en raíces mesiales de molares mandibulares instrumentados hasta un calibre apical de 40.04.
3. Evaluar el transporte apical producido por el sistema rotatorio de níquel titanio Twisted Files<sup>®</sup> en raíces mesiales de molares mandibulares instrumentados hasta un calibre apical de 40.04.
4. Evaluar el transporte apical producido por el sistema rotatorio de níquel titanio FlexMaster<sup>®</sup> en raíces mesiales de molares mandibulares instrumentados hasta un calibre apical de 40.04.
5. Evaluar el transporte apical producido por el sistema rotatorio de níquel titanio Mtwo<sup>®</sup> en raíces mesiales de molares mandibulares instrumentados hasta un calibre apical de 40.04.





# INTRODUCCIÓN

---



El objetivo más importante en la terapia endodóntica es reducir el número de microorganismos y residuos patológicos del interior del sistema de conductos, para prevenir o tratar la periodontitis apical. Este proceso de limpieza químico-mecánica ha sido descrito como la eliminación de todo el contenido del sistema de conductos antes y durante la conformación (1,11). Desde los años setenta, se considera la limpieza y conformación como la base del éxito del tratamiento de conductos (12).

Aunque la preparación biomecánica es bastante fácil de realizar en el tercio coronal y medio de la raíz, la limpieza y conformación del tercio apical resulta especialmente difícil en conductos estrechos y con curvaturas. La completa instrumentación de la región apical ha sido considerada durante mucho tiempo como un componente esencial en el proceso de limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares. Algunos autores (1,13) han concluido que los últimos milímetros del conducto hacia el foramen apical son críticos en el proceso de instrumentación, ya que es donde el conducto posee un mayor número de irregularidades y donde se pueden quedar la mayor parte de los microorganismos.

Sonntag *et al.* (14) y Pettiette *et al.* (15) demostraron que la instrumentación con limas manuales de acero inoxidable producía un mayor número de deformaciones como *zips* y *elbows* en el tercio apical. Es por eso que parece clara la necesidad de evitar instrumentar el tercio apical con limas de acero inoxidable. La preparación del conducto radicular con instrumentos de níquel-titanio ha sido un recurso a disposición de los profesionales de la odontología desde que Walia *et al.* (16) demostraron que estos instrumentos son más flexibles, poseen memoria de forma y son más resistentes a la torsión que las hechas de acero inoxidable.

Debido a la problemática presentada por los instrumentos de acero inoxidable, desde finales de la década de los ochenta se han desarrollado sistemas de instrumentación rotatorios de níquel-titanio para facilitar la limpieza y conformación del sistema de conductos. Son sistemas muy prácticos, muy fáciles de usar y cada vez se ha reducido más el número de instrumentos para la preparación de los conductos.

#### **4.1 OBJETIVOS MECÁNICOS DE LA INSTRUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCTOS RADICULARES.**

La preparación del conducto, constituida por el conjunto de procedimientos mecánicos (instrumentación) y químicos (irrigación), tiene como objetivo dar forma y limpiar el sistema de conductos para que éste pueda ser obturado de forma correcta. En 1974 Schilder (12) determinó cuales tenían que ser los objetivos mecánicos de la preparación de los conductos, unos objetivos que todavía siguen vigentes. Los objetivos mecánicos buscan obtener una preparación progresivamente cónica hacia apical, conservar la anatomía original, conservar la posición del foramen y mantenerlo tan pequeño como sea posible. El remodelado crea un espacio para que la acción de los irrigantes y medicamentos intraconducto sea más efectiva en la desinfección del sistema de conductos, a la vez que facilita la posterior obturación del conducto y disminuyendo el riesgo de reinfección a largo plazo (11).

##### **Preparación progresivamente cónica.**

La preparación del conducto debe estrecharse progresivamente en dirección apical. Una vez terminada la preparación, el diámetro transversal mayor debe corresponder al orificio de entrada del conducto y este debe disminuir de manera gradual hasta llegar a la porción apical, coincidiendo con el diámetro menor de la preparación. En la porción coronal, la cavidad de acceso debe tener las mayores dimensiones de la preparación. Es importante tener una conicidad continua en el tercio apical, creando así una forma que tienda a mantener el material de obturación dentro del conducto y elimine el riesgo de extrusión excesiva al condensarlo (12).

##### **Conservación de la anatomía original.**

Los conductos radiculares pasan a través de múltiples planos geométricos y son significativamente más curvos que las raíces en las que se localizan. Un objetivo primordial es conservar la mayor cantidad de dentina posible, sobre todo en la zona de la furca, para evitar posibles perforaciones o *strippings*. La preparación del conducto radicular es un equilibrio entre la obtención de un conducto tridimensionalmente limpio, conformado y obturado, y la máxima conservación de la estructura radicular (12).

### **Conservación de la posición del foramen.**

Un neoforamen es la formación de un foramen nuevo en otra posición, y por tanto la pérdida del foramen original constituye una de las principales causas del fracaso endodóntico. Por ello buscaremos un ensanchamiento cuidadoso y mínimo del foramen apical, sin que se modifique su posición. Para mantener la posición del foramen durante el tratamiento es importante mantener permeable el foramen apical y evitar la acumulación de barrillo dentinario (12).

### **Un foramen apical tan pequeño como sea posible.**

Es necesario conservar un foramen apical tan pequeño como sea posible para conseguir una mejor adaptación del material de obturación, ya que si tenemos un foramen apical deformado, habrá mayor riesgo de filtración (5,12).

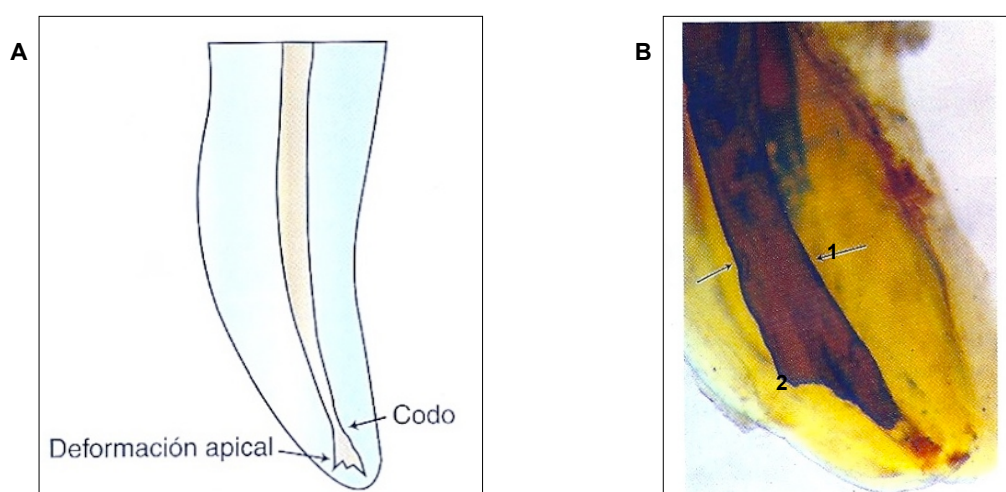
## **4.2 PROBLEMAS DURANTE LA LIMPIEZA Y CONFORMACIÓN DE LOS CONDUCTOS RADICULARES**

A continuación se presentan las posibles alteraciones que según Hülsman *et al.* (11) y Schäfer *et al.* (3) pueden ocurrir durante la conformación de los conductos radiculares, especialmente si esta se realiza con instrumentos manuales de acero inoxidable.

- **Daño al foramen apical:** Desplazamiento o ensanchamiento del foramen apical debido a problemas en el cálculo de la longitud de trabajo o al enderezamiento de conductos curvos. Como consecuencia, se provoca una irritación de los tejidos periapicales por la extrusión de irrigantes, de tejido pulpar y/o de productos contaminados.
  
- **Zip o deformación apical:** Es el resultado de la tendencia que tiene el instrumento a enderezarse en el interior del conducto. Da como resultado un sobre ensanchamiento del conducto en la zona exterior de la curvatura y una deficiente preparación de la porción interna en la zona apical. El eje longitudinal del conducto sufre una desviación,

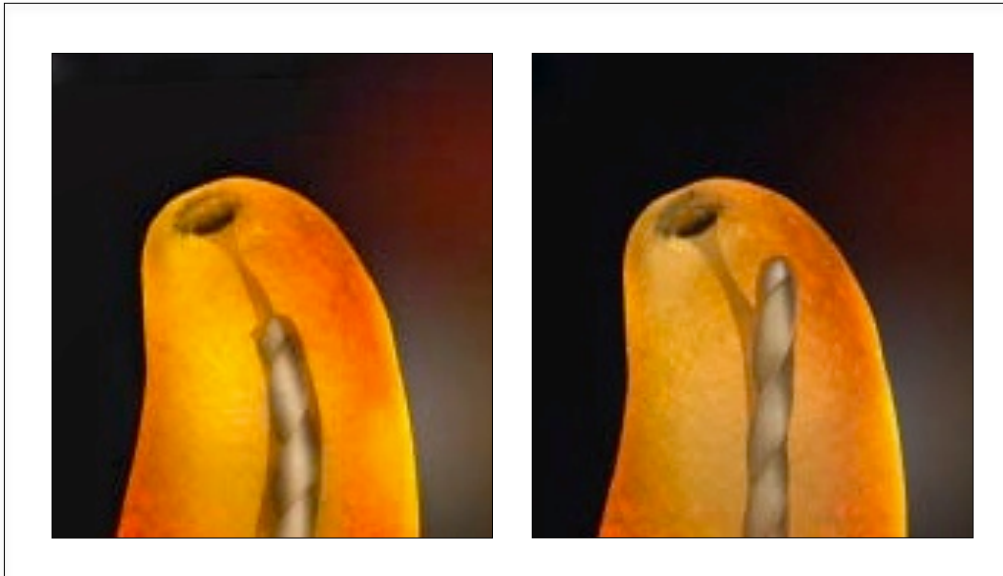
con lo que también se llama a este defecto enderezamiento, desviación o transporte apical (ver Figura 1 A).

- **Elbow o codo:** Está asociado al defecto anterior. Se trata de una región estrecha del conducto en el punto de máxima curvatura. Es el resultado del ensanchamiento irregular que sufre el conducto coronalmente a la parte externa de la curvatura y más apicalmente de la porción interna, dando una forma similar a un codo. Dada la insuficiente conicidad y sus irregularidades, nos limita la limpieza y posterior obturación del conducto (ver Figura 1 B).



**Figura 1.** A, Deformación apical. B, diente extraído diafanizado con deformación apical; zip (2) y elbow (1) (17).

- **Escalón:** Es un defecto que suele ocurrir cuando se instrumenta un conducto curvo con un instrumento no flexible y con movimientos de rotación a una longitud de trabajo corta. Da como resultado una plataforma en la zona externa de la curvatura que impide el acceso de instrumentos y en algunas ocasiones de los irrigantes hasta la zona apical del conducto. Puede ser difícil de superar, y frecuentemente se asocia a un bloqueo del conducto. Se puede formar dentro del conducto principal o mediante la creación de una falsa vía.



**Figura 2.** Gráfico que muestra un escalón en el interior de un conducto curvo (18).

- **Perforación:** Una perforación apical es una comunicación entre el conducto radicular y la superficie externa de la raíz. Una perforación de la porción apical del conducto se puede producir como resultado de la preparación con instrumentos poco flexibles con puntas activas, usados en movimientos de rotación. Las perforaciones están asociadas con la destrucción del cemento de la raíz y la irritación y / o infección del ligamento periodontal y son difíciles de sellar.
- **Perforación lateral o *Stripping*:** Mientras todos los errores mencionados anteriormente se producen en la parte apical del conducto, una perforación lateral resulta de la sobre-instrumentación y enderezamiento del conducto en la zona interna de la curvatura, a nivel del tercio medio y coronal del conducto. En las perforaciones laterales existe una comunicación entre el conducto y el ligamento periodontal. Estas afectan especialmente a las llamadas “zonas de peligro”, que son la pared interna de la raíz mesiovestibular de los molares superiores y también en distal de las raíces mesiales de los molares inferiores.

Debido a estos problemas, desde comienzos del siglo XX hasta los años setenta, raras veces se endodonciaban los molares y los dientes con conductos muy curvos. Cuando se endodonciaban estos dientes se obtenía un porcentaje elevado de fracasos. De hecho, Grossman señalaba en sus libros publicados hasta 1967 que no era posible tratar con éxito los conductos con una curvatura superior a 45 grados sin recurrir a la cirugía. Esto se debía a la rigidez de las limas endodónticas empleadas (19).



A principios de la década de los 70 aparece una nueva aleación en el campo odontológico, el níquel titanio. Se utilizó primero en el campo de la Ortodoncia a manos de Andreasen y Hilleman en el 1971 para la confección de alambres ortodónticos por su alta flexibilidad, menor módulo de elasticidad y gran resistencia a la fractura por torsión y flexión, despertando gran interés en el campo de la endodoncia (19).

La confección de instrumentos endodónticos de níquel titanio se realizó a finales de la década de los 80 por Walia, Brantlye y Gerstein (16) basándose en las excelentes propiedades físicas de dicha aleación. Dichos autores constataron que las limas de níquel titanio del número 15 de sección triangular presentaban una flexibilidad dos o tres veces mayor, así como mayor resistencia a la fractura por torsión en sentido horario o antihorario, que las limas de acero inoxidable de igual calibre. Esta característica hizo que pudieran ser utilizadas en la preparación de conductos radiculares curvos por su capacidad de conformación produciendo una menor deformación. Pettiette *et al.* (15) demostraron la superioridad de las limas de níquel titanio frente a las limas de acero inoxidable en cuanto al mantenimiento de la forma original de los conductos.

#### **4.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL TRANSPORTE APICAL**

Los siguientes aspectos se asocian con un aumento del riesgo de transporte del conducto radicular (3):

- Diseño insuficiente de las cavidades de acceso: produce un contacto inadecuado del instrumento con las paredes del conducto y una pérdida de control del instrumento durante la preparación del conducto radicular. El acceso sin restricciones de los instrumentos al tercio apical de los conductos minimiza el riesgo de transporte.
- Aleación (acero inoxidable en comparación con el níquel titanio) y las características del diseño de los instrumentos.
- El uso de instrumentos con puntas cortantes.
- El uso de instrumentos poco flexibles en tamaños superiores a #20 en conductos radiculares curvos.

- Técnica de instrumentación: con la técnica crown-down o con técnica de fuerzas balanceadas hay menor riesgo de crear transporte en el ápice que con la técnica de step-back y que con la técnica estandarizada.
- Irrigación insuficiente durante la conformación de los conductos radiculares.
- Aspectos relacionados con el operador: experiencia, presión excesiva, etc.
- Ángulo y radio de curvatura del conducto. En general, se puede afirmar que cuanto mayor sea el ángulo y menor sea el radio de curvatura, mayor será el riesgo de transporte del conducto.
- Curvaturas no visibles radiográficamente: Estas curvaturas que no se ven pueden jugar un papel importante en el proceso de limpieza y conformación, ya que pueden esconder la pérdida de longitud de trabajo durante la instrumentación. Además, el aumento del calibre apical de un conducto con una curvatura proximal puede resultar en el transporte del conducto o incluso acabar en una perforación.

#### **4.4 SEPARACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE NÍQUEL TITANIO**

La aparición de los instrumentos rotatorios de níquel titanio ha revolucionado el tratamiento endodóntico mediante la reducción de la fatiga del operador, el tiempo requerido para la preparación del conducto y la disminución de los errores de procedimiento asociados con la instrumentación del conducto radicular (7,8,9,10,20). Sin embargo, la introducción de los instrumentos rotatorios de níquel titanio ha ido acompañada de un aumento en la incidencia de la separación de esos instrumentos (21).

Los instrumentos de acero inoxidable, por lo general, se deforman antes de separarse, y además, los odontólogos pueden inspeccionarlos en busca de algún signo de deformación. Un instrumento deformado por lo general muestra severa flexión o pérdida de espiras lo que indica que el límite elástico del metal se ha superado y que el instrumento debe ser desechado (22).

Sin embargo, según Sattapan *et al.* (23) la inspección visual de un instrumento de níquel titanio usado no es una forma segura de evaluarlo ya que la separación de los instrumentos de níquel titanio puede ocurrir sin defectos visibles.

La separación de instrumentos en el interior del conducto radicular es objeto de preocupación en la práctica endodóntica moderna. La remoción del fragmento separado a menudo resulta difícil de llevar a cabo especialmente si el conducto es estrecho o con una gran curvatura (24).

En la gran mayoría de las situaciones la separación ocurre en el tercio apical, que es el de más difícil acceso. El fragmento separado puede comprometer el éxito del tratamiento de conductos, ya que al quedar bloqueado en el conducto impide una adecuada conformación y limpieza y un posterior sellado (25).

La separación de los instrumentos de Ni-Ti puede darse de dos formas: separación por torsión o por fatiga cíclica (23,26). La separación por torsión ocurre cuando la punta u otra parte del instrumento se enclava en el interior del conducto mientras el resto del instrumento sigue girando. Cuando el límite elástico del metal es superado, la separación del instrumento es inevitable (27). Este tipo de separación se asocia a una excesiva presión apical durante la instrumentación (28).

El fenómeno de la fatiga cíclica repetida puede ser un factor importante en la separación de instrumentos (29). Cuando los instrumentos están trabajando en conductos curvos, se deforman y se someten a estrés. La mitad del instrumento que se encuentra en la parte externa de la curvatura está en tensión, mientras que la mitad del instrumento que está en el interior de la curvatura está en compresión (22,30). Obviamente, los niveles de estrés son más altos en la zona de la curvatura (22).

Cuando una lima endodóntica fabricada con níquel titanio está en reposo, se encuentra en fase de austenita, y cuando está sometida a estrés (rotación) o temperatura, se transforma a la fase de martensita, durante la cual es más susceptible a la fractura o a la deformación permanente. Así, la lima confeccionada con aleación de níquel titanio posee más tendencia a separarse que la fabricada con acero inoxidable (31).

## 4.5 INSTRUMENTOS ROTATORIOS DE NÍQUEL TITANIO

Para la realización de este trabajo se decidió utilizar cinco sistemas rotatorios de níquel titanio. Todos ellos poseen alguna característica que les diferencia unos de otros, sin embargo tienen una característica en común como es, que todos poseen una punta inactiva, la cual funciona como una guía permitiendo el avance de la lima con mínima presión y reduce las posibilidades de transporte, deformación apical o perforación.

### 4.5.1 SISTEMA PROFILE® (*Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza*)

Este sistema de limas rotatorias de Ni-Ti fabricado por el Dr. Ben Johnson aparece por primera vez comercializado en 1994 con el nombre de ProFile *series 29*. Estos instrumentos no seguían la normativa ISO, sino que el tamaño en la punta correspondía a un aumento uniforme del 29%, y la nomenclatura de cada instrumento era del 2 al 10. El sistema ProFile tal y como lo conocemos se introduce en el mercado en 1996, ya que con la introducción de diámetros que siguen la normativa ISO se intentó el llegar a un mayor número de dentistas generales y especialistas. Es un sistema desarrollado para usarse con la técnica de Crown Down (32).

Sus características son:

- Sección transversal en “triple U” con radial lands (Figura 3)

Los apoyos radiales les permite mantenerse centrado en el interior del conducto durante la instrumentación y disminuyen el riesgo de atornillamiento.

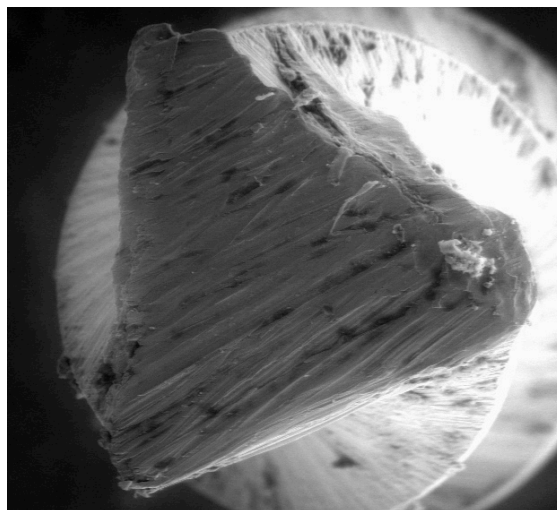
- Distancia entre espiras constante

Le permite poder eliminar gran cantidad de detritus y le confiere una gran flexibilidad.

El sistema incluye tres tipos de instrumentos:

- **ProFile® O.S** (Orifice Shapers)

- se usan para preparar la parte **coronal** o para quitar la gutapercha en caso de retratamiento
  - conicidad del 5 al 8% – números del 1 al 6 (20 - 80)
  - ProFiles O.S. llevan 3 anillos coloreados
- **ProFile®.06**
- se usan para preparar la **zona media** del conducto
  - conicidad del 6% – números del 15 al 40
  - ProFiles .06 llevan 2 anillos coloreados
- **ProFile®.04**
- se usan para preparar la **parte final** del conducto
  - conicidad del 4% – números del 15 al 90
  - ProFiles .04 llevan 1 anillo coloreado



*Figura 3. Sección transversal de las limas rotatorias ProFile®*

#### 4.5.2 SISTEMA RACE® (FKG Dentaire, La-Chaux-de-Fonds, Switzerland)

Es un sistema de instrumentación rotatoria de limas de Ni-Ti lanzado comercialmente en el 1999 por *FKG Dentaire*.

Sus características son (33) :

- Sección transversal triangular (Figura 4)

Sección transversal triangular para todos los diámetros y conicidades con excepción de los instrumentos 15.02 y 20.02 que tienen sección cuadrada, ya que son instrumentos muy finos y requieren de una sección cuadrada para conseguir la resistencia necesaria sin perder flexibilidad.

- Bordes cortantes alternos

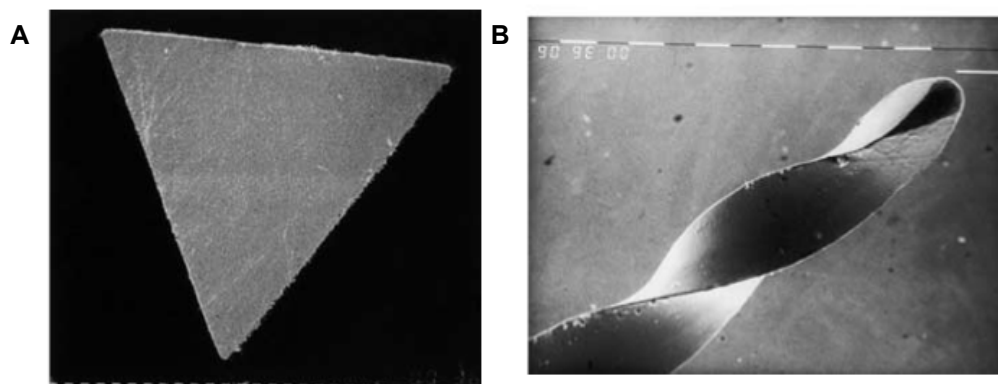
Los instrumentos de este sistema alternan zonas cortantes con zonas no cortantes para prevenir un enclavamiento excesivo en el interior del conducto y tener así una mayor eficacia de corte.

- Tratamiento electroquímico de la superficie

En el proceso de fabricación se producen rugosidades, microfisuras e imperfecciones, que pueden afectar a la eficacia de corte y a la resistencia de los instrumentos.

Las ventajas que presenta son:

- Los residuos no se adhieren ni se incrustan en las microfisuras, facilitando la limpieza del instrumento.
- Incremento de la resistencia a la fractura (eliminación de imperfecciones que constituyen puntos débiles)



**Figura 4.** **A** Sección transversal. **B** detalle de la punta de las limas rotatorias RaCe<sup>®</sup> (33)

- Safety memo disc

Facilita contar el número de usos y previene la fatiga del metal.

Componentes del sistema RaCe®

- **PRE-RaCe®** (constituido por cuatro limas)
  - Conicidad 10 - calibre apical 40
  - Conicidad .08 - calibre apical 35
  - Conicidad .06 - calibre apical 30 y 40
  
- **RaCe®**
  - Conicidad .06 - calibres desde 10 hasta 40
  - Conicidad .04 - calibres desde 10 hasta 40 y 50
  - Conicidad .02 - calibres desde 10 hasta 60

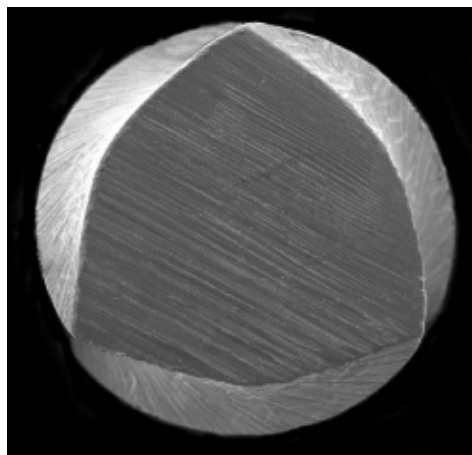
#### 4.5.3 SISTEMA FLEXMASTER® (VDW, Munich, Alemania)

El sistema FlexMaster es un sistema de instrumentos rotatorios de níquel titanio producido y distribuido por la casa comercial *VDW* que fue comercializado por primera vez en el año 2001.

Sus características son (34):

- Sección transversal en forma de triángulo convexo (Figura 5)
  - Estabilidad del núcleo del instrumento
  - Alta resistencia a la torsión

- Hojas de corte tipo “K”
  - Mayor eficacia de corte
  - Mejor resistencia a la torsión
  - Reducción de la fricción con las paredes del conducto
  - Gran espacio para la eliminación de dentina
  
- Ángulos de corte individuales para cada tamaño de los instrumentos
  - Evita el efecto de atornillamiento
  - Mejora el control del instrumento



*Figura 5. Sección los instrumentos rotatorios FlexMaster® (34)*

Componentes del sistema FlexMaster®(34):

- **FlexMaster .02**
  - Conicidad .02
  - Un anillo de color
  - Calibre apical de 15 a70
  - Longitud 21, 25 y 31 mm



- **FlexMaster .04**
  - Conicidad .04
  - Dos anillos de color
  - Calibre apical de 15 a 40
  - Longitud 21, 25 y 31 mm
  
- **FlexMaster .04**
  - Conicidad .06
  - Tres anillos de color
  - Calibre apical de 15 a 40
  - Longitud 21 y 25 mm

#### 4.5.4 SISTEMA TWISTED FILES® (SybronEndo, Orange, CA, EUA)

Es un sistema de instrumentación rotatoria de limas de Ni-Ti lanzado comercialmente durante el congreso de la asociación Americana de Endodoncia en el 2008 por *SybronEndo*.

Sus características son (35):

- Fabricadas en la fase R
  - Estructura cristalina que se encuentra entre la forma martensítica y la austenítica (concretamente en una fase pre-martensita).
  - Gran resistencia a la fractura
  - Gran flexibilidad
  
- Fabricadas por torsión, no por desgaste
  - Eliminación de microfisuras que se crean en la fabricación por desgaste

- Sección transversal triangular
  - Genera menos estrés torsional
  - Incrementa la capacidad del corte
  
- Distancia entre espiras variable
  - Minimiza el enclavamiento de la lima
  - Permite una mayor eliminación de residuos
  - Reduce el stress por torsión
  
- Diseñada en una sola pieza
  - El diseño en una sola pieza confiere una mayor fuerza e integridad estructural

Componentes del sistema Twisted Files:

- **Twisted Files .04**
  - Conicidad .04
  - Anillo superior verde / Anillo inferior sigue normativa ISO según calibre
  - Calibre apical de 25, 40 y 50
  - Longitud 23 y 27 mm
  
- **Twisted Files .06**
  - Conicidad .06
  - Anillo superior naranja / Anillo inferior sigue normativa ISO según calibre
  - Calibre apical de 25, 30 y 35
  - Longitud 23 y 27 mm
  
- **Twisted Files .08**
  - Conicidad .08
  - Anillo superior azul / Anillo inferior rojo (ISO #25)
  - Calibre apical de 25

- Longitud 23 y 27 mm
  
- **Twisted Files .10**
  - Conicidad .10
  - Anillo superior rosa / Anillo inferior rojo (ISO #25)
  - Calibre apical de 25
  - Longitud 23 y 27 mm
  
- **Twisted Files .12**
  - Conicidad .12
  - Anillo superior lila / Anillo inferior rojo (ISO #25)
  - Calibre apical de 25
  - Longitud 23 mm

#### 4.5.5. SISTEMA Mtwo® (VDW, Munich, Alemania)

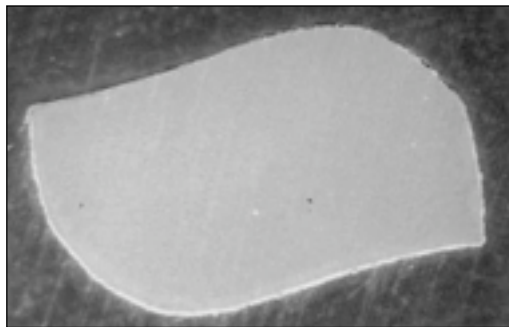
El sistema de instrumentación rotatoria de Ni-Ti Mtwo® aparece en el mercado en el 2003 y es comercializado por la casa comercial VDW.

Sus características son (36):

- Sección transversal en forma de “S” itálica (Figura 6)
  - Dos ángulos de corte positivos
  - Contacto mínimo con las paredes de conducto
  - Remoción de gran cantidad de dentina
  
- Pitch (distancia entre espiras) variable y progresivo
  - reduce la posibilidad de que el instrumento se pueda “atornillar” dentro del conducto
  - Minimiza las posibilidades de fractura

- Parte activa de 16 o 21 mm
  - Permite mejor acceso en el interior de los conductos
  - Remoción de interferencias coronales

A diferencia de los otros sistemas, en el sistema Mtwo todos los instrumentos se llevan a longitud de trabajo desde un inicio, permitiendo la conformación simultánea del conducto y logrando una forma cónica del mismo desde el primer instrumento.



**Figura 6.** Sección los instrumentos rotatorios Mtwo® (36)

Componentes del sistema Mtwo:

- **Mtwo .04**
  - Conicidad .04
  - Anillo sigue normativa ISO según calibre en la punta
  - Calibre apical de 10, 35 y 40
  - Longitud 21, 25 y 31 mm
  
- **Mtwo .05**
  - Conicidad .05
  - Anillo sigue normativa ISO según calibre en la punta

- Calibre apical de 15 y 30
- Longitud 21, 25 y 31 mm

- **Mtwo .06**

- Conicidad .06
- Anillo sigue normativa ISO según calibre en la punta
- Calibre apical de 20 y 25

Longitud 21, 25 y 31 mm



R

T

í

U

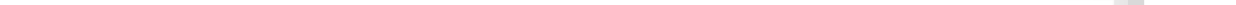
X

# ARTÍCULOS

T

O

S





**5. 1 A comparison of apical transportation between ProFile and RaCe rotary instruments**

---

*Artículo aceptado en el Journal of Endodontics. Impact factor 2010: 3,291 según JCR Science Edition. 1er cuartil de Impact factor listing for Journals on Dentistry, Oral surgery and Medicine*





## A comparison of apical transportation between ProFile and RaCe rotary instruments

Garcia M, Durán-Sindreu F, Mercadé M, Bueno R and Roig M

Department of Restorative Dentistry and Endodontics, Universitat Internacional de Catalunya, Barcelona

### Abstract

**Introduction:** The aim of the study was to evaluate apical transportation of root canals after the use of RaCe and ProFile 40/.04 rotary files. **Methods:** A double-digital radiographic technique was utilized to compare apical transportation between the RaCe and ProFile systems. Mesial canals from 80 extracted mandibular molars were instrumented using each rotary system. The central axes of the file imaged before instrumentation (#15 K file) and the master apical rotary file (#40/.04) were superimposed digitally. AutoCAD was used to measure apical transportation at 0.5 mm from the working length (1.5 coronal to the major foramen). The data were analyzed using Student's t-test, and significance was set at  $P < .05$ . **Results:** The mean amount of apical transportation at 0.5 mm was  $0.17 \pm 0.01$  mm for the ProFile group and  $0.16 \pm 0.01$  mm for the RaCe group. No statistically significant differences in apical transportation were found between the two groups. **Conclusion:** Under the conditions of the study, no statistically significant differences in apical transportation were observed between ProFile and RaCe rotary files.

**Keywords:** Apical transportation, ProFile file, RaCe files, root canal preparation.

### Introduction

The goal of root canal treatment is to eliminate microorganisms, to remove infected and necrotic pulpal remnants, and to shape the root canal system in order to facilitate irrigation and the placement of medication and/or filling material (1). At the same time, any iatrogenic events, such as instrument fracture, transportation of the canal, formation of ledges or perforation of the tooth, should be avoided. A number of studies on both extracted teeth and simulated canals have shown that rotary nickel–titanium (Ni–Ti) instruments allow more rapid, more centered, more conservative, and rounder shaping of canals than stainless steel hand instruments (2,3,4).

The Glossary of Endodontic Terms of the American Association of Endodontists (5) defines transportation as “the removal of canal wall structure on the outside curve in the apical half of the canal due to the tendency of files to restore themselves to their original linear shape during canal preparation”. The Ni–Ti rotary instruments that are available vary considerably in design. Studies that have evaluated the cutting efficiency of various tip designs suggest that less apical transportation occurs with noncutting tips than with cutting tips. The cross-sectional design is known to affect the bending properties of the instrument. For example, an increasing taper is related directly to increased cross-sectional area and decreased flexibility. Variables that are associated with differences in root canal morphology, such as canal curvature, root canal anatomy, and anatomical diameter, might also be involved in apical transportation of the root canal.

Different NiTi file systems have different characteristics in terms of the cross-sectional design, taper, depth of flutes, and number of spirals or flutes per unit length. The choice of system affects the ability to shape the root canal, particularly with curved canals

The RaCe instruments (FKG Dentaire, La-Chaux-de-Fonds, Switzerland) have a triangular cross-sectional design with alternating cutting edges, i.e. spiral and nonspiral segments are incorporated on the working surface. This design is said to have two functions: (i) it eliminates screwing in and blocking during continuous rotation; and (ii) it decreases the working torque. In addition, the surfaces of RaCe instruments are treated electrochemically to enhance cutting efficacy, and they have a non-cutting tip (6).

ProFile instruments (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, USA) have a U-file design. In this design, the cutting edges are supported by radial lands, which are thought to keep the instruments centered in the root canal, minimizing transportation and other procedural accidents (7).

A number of studies of techniques for root canal instrumentation suggest that the use of size #25 files in the apical region meets all prerequisites for cleaning and shaping of the root canal (8,9). However, the apical portion of the root canal might harbor a critical level of microorganisms that could sustain apical periodontitis (10). As a consequence, increased apical debridement helps to reduce the level of microbial contamination (11-13). Preparation of larger apical apertures decreases the amount of infected dentin and pulpal debris (14), in addition to improving the efficacy of action of irrigants (12) and potentially the clinical outcome. Hence, preparation of the canal to larger apical sizes appears to be desirable (15). Siqueira et al. (11) recommended that root canals should be enlarged to the diameter of a #40

file, in order to remove larger amounts of debris and to promote better cleaning of the apical third.

Despite these advantages and our knowledge of the anatomy of the apical canal, the concept of preparing larger apical sizes has not been adopted widely because of concern regarding iatrogenic damage caused by preparation of the apex. To our knowledge, no studies have been performed to evaluate apical transportation in the root canals of extracted teeth instrumented up to #40/04 with RaCe instruments.

The objective of the study reported herein was to evaluate, *ex vivo*, the apical transportation of mesial mandibular root canals after biomechanical preparation with two Ni-Ti rotary instruments with different cross-sectional designs.

### **Materials and Methods**

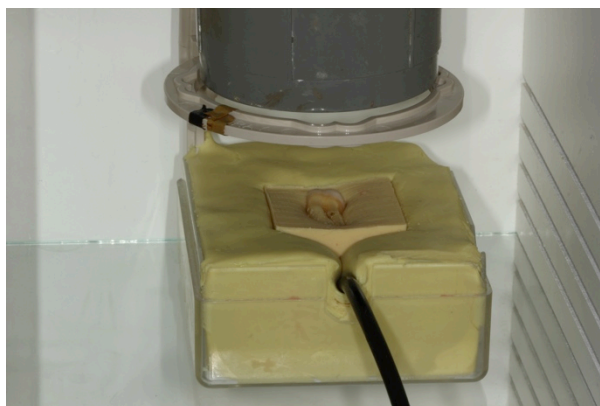
Eighty extracted first mandibular molars that had complete root formations, which comprised mesial roots with two separate orifices that terminated in two separate foramina, were selected. Teeth that would not allow placement of a #08 K-file to the major foramen and those that allowed passive placement of a #15 K-file to within 1 mm of the foramen were discarded.

Access to the canal was obtained with round diamond burs and Endo-Z burs (Dentsply Maillefer) in a water-cooled, high-speed handpiece. The mesial root canals were used to investigate transportation; the distal roots of all teeth were removed by application of a stainless steel disc at the furcation.

The working length (WL) was established with a #10 K-file using 5.25% sodium hypochlorite as a lubricant, which was introduced into each canal until the file tip became visible through the major foramen under a stereomicroscope at 20× magnification. Subsequently, the file was withdrawn until the tip was tangential to the major foramen. The rubber stop was adjusted to the nearest flat anatomical landmark on the tooth, which was chosen as a reference for measurement of the root canal. The distance between the file tip and the rubber stop was measured under a stereomicroscope at 4.5× magnification with a millimeter ruler. Subsequently, 1 mm was subtracted from this measurement and the resulting value was taken as the WL.

A customized jig was designed in silicone (Optosil P Plus® HERAEUS KULZER, Hanau, Germany) (Figure 1) to provide a reproducible position for the digital dental X-ray sensor and cone alignment. A #15 K-file was placed in the root canal to the WL, and two digital

radiographs (Kodak RVG 6100, Kodak, Rochester, NY, USA) with different orientations (from buccolingual and mesiodistal view) were obtained of each tooth. A double-digital radiographic technique was used to detect apical transportation.



**Figure 1.** Image of the xray jig

The radiographs were transferred to AutoCAD 2008 (Autodesk Inc, San Rafael, CA USA), and the angle and radius of curvature of each root canal were determined following the methodology of Pruett et al. (16). The root canals were divided between the two instrumentation groups such that an even distribution of numbers of canals, as well as canal curvatures and radii, was obtained. The means and standard deviations of the angle and radius of curvature of the root canals in the ProFile group were  $29.06 \pm 13.2$  degrees and  $5.97 \pm 1.28$  mm, respectively, and in the RaCe group  $32.54 \pm 10.68$  degrees and  $6 \pm 1.51$  mm, respectively. Student's t-test showed no statistically significant differences in these variables between the two groups.

Group A (80 root canals) was assigned to preparation with RaCe instruments and group B (80 root canals) to preparation with ProFile instruments. Both the RaCe and the ProFile instruments were used with a 16:1 reduction handpiece (X-Smart; Dentsply Maillefer) powered by a torque-limited electric motor (X-Smart; Dentsply Maillefer).

A glide path up to a #20 K-file was established before instrumentation. All canals were prepared with a crown down technique in accordance with the instrumentation sequence described in Table 1. The final apical preparation was set to #40/04. After each use, the files were cleaned and inspected for damage, and the canals were irrigated with 5.25% sodium hypochlorite. Patency was verified repeatedly with a #10 K-file. Each instrument was used to shape eight canals and then replaced.

After shaping, the #40/04 RaCe or ProFile file was placed in the canal at the WL, the tooth was repositioned on the radiographic jig, and two postinstrumentation radiographs were taken.

RACE			PROFILE		
Taper	Size	Length	Taper	Size	Length
0.10	40	1/3 Coronal	0.06	40	1/3 Coronal
0.08	35	1/3 Coronal	0.06	30	1/3 Coronal
0.06	25	3 mm to WL	0.06	25	3 mm to WL
0.04	25	WL	0.06	20	WL
0.04	30	WL	0.04	30	WL
0.04	35	WL	0.04	35	WL
0.04	40	WL	0.04	40	WL

**Table 1.** Details of the instrumentation sequence for each file system

Adobe Photoshop (Adobe Systems, Inc, San Jose, CA) was used to transform each image that showed a #40 file to 50% transparency and to superimpose each postinstrumentation image separately onto its corresponding preinstrumentation image. Small translation and rotation movements were used to achieve a perfect fit between the two images.

Finally, the images were imported into AutoCAD2008. The central axes of the #15 K-file in the preinstrumentation radiograph and the final files in the postinstrumentation radiograph were drawn on the images and superimposed in order to calculate the apical transportation. The distance between the central axis of the final file and the baseline of the central axis of the #15 K-file was measured and recorded at 0.5 mm short of the WL.

Student's t-test was used to detect statistically significant differences between the two groups. Significance was set at  $P < .05$ .

## Results

Two teeth were excluded because two files, a #20/.06 ProFile instrument and a #25/.06 RaCe instrument, fractured in the apical third. The remaining 78 teeth were included in the statistical analysis. The ProFile group had a mean value for apical transportation of  $0.17 \pm 0.01$  mm, whereas the value for the RaCe group was  $0.16 \pm 0.01$  mm. Student's t-test showed no significant differences between the two groups with respect to apical transportation ( $P < .05$ ).

## Discussion

The two systems used in the present study produced some apical transportation. This finding is consistent with previous results obtained by different authors (2,3,4,6,7) despite the fact that some of them measured apical transportation using different methodologies from that used in our study. The shaping efficiency of instruments is frequently evaluated with two-dimensional (2D) photographic techniques and three-dimensional (3D) procedures such as microcomputed tomography (micro-CT) scanning. 2D photographic techniques entail taking digitized images/radiographs in two perpendicular directions and using a software to calculate with or without superimposition. These procedures are used to assess the shape of the preparation and canal transportation. They are easy-to-use, inexpensive, and potentially informative depending on the subject under investigation but lack the capacity to disclose volumetric information (17). The methodology used in our study does not permit measurements of the mid-root transportation. Iqbal et al. was unable to measure the transportation at 0-mm (1mm coronal to the major foramen) in each sample used due to loss of WL. In order not to lose samples in our study we measured apical transportation at 0.5 mm from the WL (1.5 mm coronal to the major foramen) (7).

Our results indicated that there were no statistically significant differences between the ProFile and RaCe systems concerning apical transportation. This finding differs from the results obtained by Al-Sudany et al. (18), who reported that the RaCe system resulted in more transportation than the ProFile system. However, the results of our study cannot be compared directly with those of Al-Sudany et al. (18), owing to the different area of the root canal under study. Al-Sudany et al. (18) examined transportation at 3, 6, and 8 mm from the root apex, whereas the present study focused exclusively on transportation at 1.5 mm from the root apex.

The purpose of the study was to evaluate apical transportation after instrumentation with ProFile and RaCe rotary instruments. Transportation in the apical third of the root canal may promote the harboring of debris and residual microorganisms as a result of insufficient cleaning of the root canals. Although the flexibility of Ni–Ti files has improved significantly, they possess an elastic memory that enables the file to return to its original shape without deformation. Elastic memory provides the file with a restoring force that straightens it when it has been deformed by curvature. The amount of force exerted depends on the diameter of the file (19). The restoring force underlies canal transportation and prevents the instrument from remaining perfectly centered within the canal. apical transportation may cause zipping of the canal, which can result in the production of an hourglass-shaped canal at the apical terminus, or may give rise to a ledge or perforation. In addition, an irregular apical preparation may prevent effective sealing of the root filling. Wu et al. (20) observed that apical transportation greater than 0.3 mm reduces the quality of seal of the root filling. Our findings showed that none of the instrumented samples reached the aforementioned critical level of transportation.

The cutting ability of an instrument is influenced by its design. In the present study, the files compared had different cross-sectional designs: one had radial lands and the other did not. It has been speculated that radial lands are particularly effective in supporting the edge of the cutting angle and reducing canal transportation, because they help to distribute the pressure of the blades more uniformly around the circumference of a curved canal. This contrasts with files that lack radial lands, which focus all the pressure of the cutting edges on the canal wall and tend to straighten the curvature (21). However, our results showed that the two rotary systems did not produce significantly different amounts of apical transportation, even though the ProFile instrument had radial lands. This lack of difference might be explained by the fact that RaCe files are more flexible, and less transportation occurs with more flexible files. The greater flexibility of the RaCe files can be ascribed to their design, which incorporates spiral and nonspiral segments on the working surface. According to McSpadden (21), the RaCe file is an excellent instrument because it avoids transportation and is able to negotiate delicate curvatures.

Bergmans et al. (22) speculated that the flexibility of a file and instrumentation techniques such as early coronal enlargement are more important than the file type in achieving centered preparation of the apex. Furthermore, Peters (23) has pointed out that the anatomy of the individual canal can affect postoperative canal geometry, regardless of the type of file used.



## Conclusions

Within the limitations of this *in vitro* study, it can be concluded that the analysis of the data shows that the ProFile and RaCe rotary files performed similarly in an extracted tooth model.

## References

1. Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil JM. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endod Topics* 2005;10:77–102.
2. Glosson CR, Haller RH, Dove SB, del Rio CE. A comparison of root canal preparations using nickel–titanium hand, nickel–titanium engine-driven, and K-flex endodontic instruments. *J Endod* 1995;21:146–51.
3. Kum KY, Spangberg L, Cha BY, et al. Shaping ability of three ProFile rotary instrumentation techniques in simulated resin root canals. *J Endod* 2000;26:719–23.
4. Schäfer E, Lohmann D. Efficiency of rotary nickel-titanium FlexMaster instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. *Int Endod J* 2002;35:505-13.
5. American Association of Endodontists. *Glossary of Endodontic Terms*, 7th edn. Chicago: AAE, 2003.
6. Paqué F, Musch U, Hülsmann M. Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary instruments. *Int Endod J* 2005;38:8–16.
7. Iqbal MK, Firic S, Tulcan J, Karabucak B, Kim S. Comparison of apical transportation between ProFile and ProTaper NiTi rotary instruments. *Int Endod J* 2004;37:359–64.
8. Buchanan LS. The standardized-taper root canal preparation. Part 1. Concepts for variably tapered shaping instruments. *Int Endod J* 2000;33:516-29.
9. Pécora JD, Capelli A. Shock of paradigms on the instrumentation of curved root canals. *Braz Dent J* 2006;17:3-5.
10. Nair PRN, Sjögren U, Krey G, Kahnberg KE, Sundqvist G. Intraradicular bacteria and fungi in root-filled, asymptomatic human teeth with therapy-resistant periapical lesions: a long-term light and electron microscopic follow-up study. *J Endod* 1990;16:580–8.

11. Siqueira JF, Lima KC, Magalhaes FA, Lopes HP, de Uzeda M. Mechanical reduction of the bacterial population in the root canal by three instrumentation techniques. *J Endod* 1999;25:332-5.
12. Shuping GB, Ørstavik D, Sigurdsson A, Trope M. Reduction of intracanal bacteria using nickel–titanium rotary instrumentation and various medications. *J Endod* 2000;26:751–5.
13. Card SJ, Sigurdsson A, Ørstavik D, Trope M. The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. *J Endod* 2002;28:779–83.
14. Tan BT, Messer HH. The quality of apical canal preparation using hand and rotary instruments with specific criteria for enlargement based on initial apical file size. *J Endod* 2002;28:658–64.
15. Spangberg L. The wonderful world of rotary root canal preparation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001;92:479.
16. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL Jr. Cyclic fatigue testing of nickel titanium endodontic instruments. *J Endod* 1997;23:77–85.
17. Ounsi HF, Franciosi G, Paragliola R, Al-Hezaimi K, Salameh Z, Tay FR et al. Comparison of two techniques for assessing the shaping efficacy of repeatedly used nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2011 Jun;37:847-50.
18. Al-Sudani D, Al-Shahrani. A Comparison of the canal centering ability of ProFile, K3, and RaCe Nickel Titanium Rotary Systems. *J Endod* 2006;32:1198-201.
19. Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod*. 1988;14:346-51.
20. Wu MK, Fan B, Wesselink PR. Leakage along apical root fillings in curved root canals. Part I: effects of apical transportation on seal of root fillings. *J Endod* 2000;26:210–6.
21. McSpadden JT. *Mastering Endodontic Instrumentation*. Chattanooga, TN: Cloudland Institute; 2007.
22. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Beullens M, Wevers M, Van Meerbeek B, Lambrechts P. Progressive versus constant tapered shaft design using NiTi rotary instruments. *Int Endod J* 2003;36:288–95.
23. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* 2004;30:559–67.



**5. 2 A comparison of apical transportation between FlexMaster and  
Twisted Files rotary instruments**

---

*Artículo aceptado en el Journal of Endodontics. Impact factor 2010: 3,291 según JCR  
Science Edition. 1er cuartil de Impact factor listing for Journals on Dentistry, Oral surgery and  
Medicine*



## **A comparison of apical transportation between FlexMaster and Twisted Files rotary instruments**

Durán-Sindreu F, Garcia M, Olivieri JG, Mercadé M, Morelló S and Roig M

Department of Restorative Dentistry and Endodontics, Universitat Internacional de Catalunya, Barcelona

### **Abstract**

**Introduction:** The aim of the study was to evaluate apical transportation in root canals following the use of Twisted Files (TF) and FlexMaster #40/04 rotary files. **Methods:** A double-digital radiographic technique was utilized to compare apical transportation between the TF and FlexMaster systems. Each rotary system was used to instrument mesial canals from 80 extracted mandibular molars. The central axes of the file imaged before instrumentation (#15 K-file) and the master apical rotary file (#40/04) were superimposed digitally. AutoCAD was used to measure apical transportation at 0.5 mm from the working length (WL). The data were analyzed using Student's t-test, and significance was set at  $P < .05$ . **Results:** The mean amount of apical transportation at 0.5 mm from the WL was  $0.17 \pm 0.09$  mm for the FlexMaster group and  $0.19 \pm 0.12$  mm for the TF group. No statistically significant differences in apical transportation were found between the two groups. **Conclusion:** Under the conditions of the study, no statistically significant differences in apical transportation were observed between FlexMaster and TF rotary files.

**Keywords:** Apical transportation, FlexMaster files, Twisted files, root canal preparation

### **Introduction**

The primary objective of root canal treatment is to reduce the number of microorganisms and the presence of pathologic debris in the root canal system, in order to prevent or treat apical periodontitis. The process of chemomechanical debridement, or cleaning of the root canal system, has been described as the removal of all of the contents of the root canal system before and during shaping (1).

The Glossary of Endodontic Terms of the American Association of Endodontists (2003) (2) defines transportation as “the removal of canal wall structure on the outside curve in the apical half of the canal due to the tendency of files to restore themselves to their original

linear shape during canal preparation”. The measurement of apical transportation can be problematic, because there is no gold standard for assessment, and different methods have different limitations (3). In the double radiographic superimposition method, the comparison of radiographs taken before and after root canal preparation allows the two-dimensional study of the longitudinal shape of the root canal. This methodology, which was used first by Iqbal et al. (4) is easy to perform, inexpensive, and reveals any canal transportation that has occurred (5, 6).

According to some authors, mechanical instrumentation with large sizes of file is more effective in reducing infection than apical instrumentation with small files (7,8,9).

Siqueira et al. (7) recommended enlargement of the root canal up to the diameter of a #40 file, in order to remove greater amounts of debris and to promote better cleaning of the apical third. Ram (10) also observed that canals need to be enlarged to the diameter of a #40 file to ensure maximal contact of the irrigation fluid with the apical debris. However, the attainment of a larger apical diameter is challenging and can lead to more procedural errors (11). Instrumentation with nickel–titanium (NiTi) rotary files allows for greater efficiency and predictability and provides better centering in the canal than hand instrumentation with stainless steel instruments (12,13,14). However, curved canals may present more of a challenge in the former approach than in the latter in terms of apical transportation.

Different NiTi file systems have different characteristics in terms of the cross-sectional design, taper, depth of flutes, and number of spirals or flutes per unit length. The choice of system affects the ability to shape the root canal, particularly with curved canals. FlexMaster instruments (VDW, Munich, Germany) have a convex cross-section without radial lands and three cutting edges with a negative cutting angle. The tip of each FlexMaster instrument is noncutting. Twisted Files (TF; SybronEndo, Orange, CA) are manufactured with a twisted shape that gives a triangular cross-section. The manufacturer claims that the R-phase heat treatment, twisting of the metal, and special surface conditioning of the instruments significantly increase their resistance to cyclic fatigue and flexibility, which enables the original canal curvature to be maintained and minimizes apical transportation.

To our knowledge, no published studies have evaluated apical transportation in the root canals of extracted teeth instrumented up to #40/04 with TF instruments. Thus, the objective of the study reported herein was to compare the transportation in mesial mandibular root canals after biomechanical preparation with TF and FlexMaster rotary instruments.

## Materials and methods

We selected 80 extracted first mandibular molars that had complete root formations, which comprised mesial roots with two separate orifices that terminated in two separate foramina. Teeth that would not allow placement of a #08 K-file to the major foramen, and those that allowed passive placement of a #15 K-file to within 1 mm of the major foramen, were discarded.

Access to the canal was obtained by using round diamond burs and Endo-Z burs (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) in a water-cooled, high-speed handpiece. The mesial root canals were used to investigate apical transportation; the distal roots of all teeth were removed by application of a stainless steel disk at the furcation.

The working length (WL) was established with a #10 K-file, which was introduced into each canal until the file tip became visible through the major foramen under a stereomicroscope at 20× magnification. Subsequently, the file was withdrawn until the tip was tangential to the major foramen. The rubber stop was adjusted to the nearest flat anatomical landmark on the tooth, which was chosen as a reference for measurement of the root canal length. The distance between the file tip and the rubber stop was measured under a stereomicroscope at 4.5× magnification with a millimeter ruler. Subsequently, 1 mm was subtracted from this measurement and the resulting value was taken as the WL.

A customized jig was designed and manufactured in silicone (Optosil P Plus® HERAEUS KULZER, Hanau, Germany) to provide a reproducible position for the digital dental X-ray sensor and cone alignment. A #15 K-file was placed in the root canal to the WL, and two pre-instrumentation digital radiographs (Kodak RVG 6100, Kodak, Rochester, NY, USA) with different orientations (from the buccolingual and mesiodistal view) were obtained of each tooth. A double-digital radiographic technique was used to detect apical transportation.

The radiographs were transferred to AutoCAD 2008 (Autodesk Inc, San Rafael, CA USA), and the angle and radius of curvature of each root canal were determined following the methodology of Pruett et al (15). The root canals were divided into two groups such that the distribution of numbers of canals, as well as canal curvatures and radii, was even.

Group A (80 root canals) was assigned to preparation with FlexMaster instruments and group B (80 root canals) to preparation with TF instruments. Both the FlexMaster and the TF instruments were used with a 16:1 reduction handpiece (X-Smart; Dentsply Maillefer) that was powered by a torque-limited electric motor (X-Smart; Dentsply Maillefer).



A glide path up to a #20 K-file was established before instrumentation. All canals were prepared with a crown-down technique in accordance with the instrumentation sequence described in Table 1. The final apical preparation was set to #40/04. After each step, the files were cleaned and inspected for damage, and the canals were irrigated with 5.25% sodium hypochlorite. Patency was verified repeatedly with a #10 K-file. Each instrument was used to shape eight canals and then replaced.

TWISTED FILES			FLEXMASTER		
Taper	Size	Length	Taper	Size	Length
0.08	25	1/3 Coronal	.11	22	1/3 Coronal
0.06	25	2 mm WL	0.06	30	1/3 Coronal
0.04	25	WL	0.06	25	3 mm to WL
0.04	30	WL	0.06	20	WL
0.04	35	WL	0.04	30	WL
0.04	40	WL	0.04	35	WL
			0.04	40	WL

**Table1.** Details of the instrumentation sequence for each file system

After shaping, the #40/04 FlexMaster or TF file was placed in the canal at the WL, the tooth was repositioned on the radiographic jig, and two post-instrumentation radiographs were taken.

Adobe Photoshop (Adobe Systems Inc, San Jose, CA) was used to transform each image that showed a #40 file to 50% transparency and to superimpose each post-instrumentation image separately onto its corresponding pre-instrumentation image. Small translation and rotation movements were used to achieve a perfect fit between the two images.

Finally, the images were imported into AutoCAD 2008. The central axes of the #15 K-file in the pre-instrumentation radiograph and the final file in the post-instrumentation radiograph were drawn on the images and superimposed in order to calculate the amount of AT. The distance between the central axis of the final file and the baseline of the central axis of the #15 K-file was measured and recorded at 0.5 mm short of the WL. Student's t-test was used to detect statistically significant differences between the two groups. Significance was set at  $P < .05$ .

## Results

The mean and standard deviation of the angle and radius of curvature of the root canals in the FlexMaster group were  $30.52 \pm 9.3$  degrees and  $5.99 \pm 1.24$  mm, respectively, and in the TF group they were  $32.94 \pm 10.12$  degrees and  $6 \pm 1.51$  mm, respectively. Student's t-test showed no statistically significant differences in these variables between the two groups.

One tooth was excluded owing to the fracture of a #40/04 TF instrument in the apical third. The remaining 79 teeth were included in the statistical analysis. The FlexMaster group had a mean value for apical transportation of  $0.17 \pm 0.09$  mm, whereas the value for the TF group was  $0.19 \pm 0.07$  mm. Student's t-test showed no significant differences between the two groups with respect to transportation ( $P < .05$ )

## Discussion

The TF instruments under study in the present paper were designed to have improved properties in relation to root canal preparation as compared with other instruments. The improvements include reduced apical transportation, a lower rate of instrument fracture, and fewer procedural steps. However, no published study has assessed the effect of TF instruments on canal curvature during the shaping procedure in root canals prepared up to #40/04.

Our results are consistent with previous results obtained by various authors, despite the fact that some researchers measured apical transportation with a different method from that used in the present study (14,16,17,18). The shaping efficiency of instruments is frequently evaluated with two-dimensional (2D) photographic techniques and three-dimensional (3D) procedures such as microcomputed tomography (micro-CT) scanning. 2D photographic techniques entail taking digitized images/radiographs in two perpendicular directions and using a software to calculate with or without superimposition. These procedures are used to assess the shape of the preparation and canal transportation. They are easy-to-use, inexpensive, and potentially informative depending on the subject under investigation but lack the capacity to disclose volumetric information (19) Iqbal et al. (20) was unable to measure the transportation at 0-mm (1mm coronal to the major foramen) in each sample used due to loss of WL. In order not to lose samples in our study we measured apical transportation at 0.5 mm from the WL (1.5 mm coronal to the major foramen). Apical transportation may result in “zipping” of the canal, which could give rise either to an hourglass-shaped canal at

the apical terminus or to a ledge or perforation. Zipping of a root canal has a negative effect on the apical seal when these transported canals are obturated in vitro by lateral compaction (21). Wu et al. (21) observed that apical transportation greater than 0.3 mm reduces the sealing quality of the root filling. We found that none of the instrumented samples reached the aforementioned critical level of apical transportation.

In the present study, the FlexMaster system allowed adequate maintenance of root canal curvature, which is in agreement with the findings of other authors. For example, in simulated root canals with curvatures of 28 and 35°, Schäfer et al. (14) observed less straightening and fewer preparation errors after shaping with FlexMaster instruments than after shaping of root canals with stainless steel K-Flexofiles. In addition, Hülsmann et al. (16) using extracted human mandibular molars with root canal curvatures between 20 and 40°, observed that FlexMaster instruments maintained the original root canal curvature with a minimal apical transportation.

In terms of the TF system, El Batouty et al. (17) found that TF instruments showed a greater tendency to preserve the curvature of curved canals than K3 instruments. Furthermore, Gergi et al. (18) demonstrated that TF instruments caused less apical transportation than ProTaper instruments. According to these authors, the enhanced capacity of TFs to shape the canal can be ascribed to the fact that these instruments, which are manufactured by twisting, are more flexible than other NiTi instruments, which are manufactured by grinding. However, in the present study, no statistically significant differences were observed between the FlexMaster and TF instruments, even though FlexMaster instruments are manufactured by grinding. It can be hypothesized that the differences between the TF and K3 instruments observed by Gergi et al. (18) are more attributable to the distinct cross-sectional designs of these files than to the manufacturing process, since the cutting ability of an instrument is influenced by its design (23). However, the difference in cross-sectional design would not explain why the TF system caused less apical transportation than ProTaper instruments, because although the ProTaper and FlexMaster instruments have a similar cross-sectional design, no differences in apical transportation were observed between the TF and FlexMaster systems in the present study. We used 30/04, 35/04, and 40/04 FlexMaster instruments to enlarge the apical third of the canal, unlike Gergi et al. (20), who used an F2 ProTaper to the WL, a file that has a .08 taper in the apical 3 mm. This could explain why we found no significant differences between the TF and FlexMaster instruments, whereas Gergi et al. (18) observed that ProTaper instruments led to greater apical transportation than TF instruments did.

The flexibility of root canal instruments depends on complex interrelationships among different parameters, such as the cross-sectional design, core diameter, pitch, metallurgical properties, and surface treatment of the instruments (22).

The most common way to increase file flexibility is to decrease the metal mass of the file by increasing the number of spirals or flutes per unit length, increasing the depth of the flutes, and decreasing the taper, size and/or core diameter of the file (22). Thus, an increased taper is related directly to increased cross-sectional area and decreased flexibility (23). Given that an increase in the taper reduces instrument flexibility, the size of the taper is a key factor in root apical transportation (22, 24).

To conclude, within the limitation of the present study showed that the FlexMaster and TF rotary files performed similarly in an extracted tooth model.

## References

1. Baugh D, Wallace J. The role of apical instrumentation in root canal treatment: a review of the literature. *J Endod* 2005;31:333-40.
2. American Association of Endodontists. Glossary of Endodontic Terms, 7th edn. Chicago: AAE, 2003.
3. Iqbal MK, Floratos S, Hsu YK, Karabucak B. An in vitro comparison of Profile GT and GTX nickel-titanium rotary instruments in apical transportation and length control in mandibular molar. *J Endod* 2010;36:302-4.
4. Iqbal MK, Maggiore F, Suh B, Edwards KR, Kang J, Kim S. Comparison of apical transportation in four Ni-Ti rotary instrumentation techniques. *J Endod* 2003 ;29:587-91.
5. Backman CA, Oswald RJ, Pitts DL. A radiographic comparison of two root canal instrumentation techniques. *J Endod* 1992;18:19 –24.
6. Hülsman M, Stryga F. Comparison of root canal preparation using different automated device and hand instrumentation. *J Endod* 1993;19:141–5
7. Siqueira JF, Lima KC, Magalhaes FA, Lopes HP, de Uzeda M. Mechanical reduction of the bacterial population in the root canal by three instrumentation techniques. *J Endod* 1999;25:332-5.

8. Shuping GB, Ørstavik D, Sigurdsson A, Trope M. Reduction of intracanal bacteria using nickel–titanium rotary instrumentation and various medications. *J Endod* 2000;26:751–5.
9. Card SJ, Sigurdsson A, Ørstavik D, Trope M. The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. *J Endod* 2002;28:779–83.
10. Ram Z. Effectiveness of root canal irrigation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1977 Aug;44(2):306-12.
11. Schäfer E, Dammaschke T. Development and sequelae of canal transportation. *Endod Topics* 2009;15:75-90.
12. Glosson CR, Haller RH, Dove SB, del Rio CE. A comparison of root canal preparations using nickel–titanium hand, nickel–titanium engine-driven, and K-flex endodontic instruments. *J Endod* 1995; 21: 146–51.
13. Kum KY, Spängberg L, Cha BY, Il-Young J, Seung-Jong L, Chan-Young L. Shaping ability of three ProFile rotary instrumentation techniques in simulated resin root canals. *J Endod.* 2000 Dec;26(12):719-23.
14. Schäfer E, Lohmann D. Efficiency of rotary nickel-titanium FlexMaster instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. *Int Endod J* 2002;35:505-13
15. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL Jr. Cyclic fatigue testing of nickel titanium Endodontic instruments. *J Endodon* 1997;23:77–85.
16. Hülsmann M, Gressmann G, Schäfers F. A comparative study of root canal preparation using FlexMaster and HERO 642 rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J* 2003;36:358-66.
17. El Batouty KM, Elmallah WE. Comparison of canal transportation and changes in canal curvature of two nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2011 ;37:1290-2.
18. Gergi R, Rjeily JA, Sader J, Naaman A. Comparison of canal transportation and centering ability of twisted files, Pathfile-ProTaper system, and stainless steel hand K-files by using computed tomography. *J Endod.* 2010;36:904-7 .
19. Ounsi HF, Franciosi G, Paragliola R, Al-Hezaimi K, Salameh Z, Tay FR et al. Comparison of two techniques for assessing the shaping efficacy of repeatedly used nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2011 Jun;37:847-50.

20. Iqbal MK, Firic S, Tulcan J, Karabucak B, Kim S. Comparison of apical transportation between ProFile and ProTaper NiTi rotary instruments. *Int Endod J* 2004;37:359–64.
21. Wu MK, Fan B, Wesselink PR. Leakage along apical root fillings in curved root canals. Part I: effects of apical transportation on seal of root fillings. *J Endod* 2000;26:210–6
22. McSpadden JT. *Mastering Endodontic Instrumentation*. Chattanooga, TN: Cloudland Institute; 2007.
23. Javaheri HH, Javaheri GH. A comparison of three Ni-Ti rotary instruments in apical transportation. *J Endod*. 2007 Mar;33(3):284-6.
24. Schäfer E, Dzepina A, Danesh G. Bending properties of rotary nickel-titanium instruments. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;96:757-63.



**5. 3 Evaluación del transporte apical producido en molares inferiores  
instrumentados con el sistema Mtwo**

---

*Artículo aceptado para su publicación en la Revista Endodoncia*





## **Evaluación del transporte apical producido en molares inferiores instrumentados con el sistema Mtwo**

Garcia M, Duran-Sindreu F, JG Olivieri, Mercadé M, Morelló S y Roig M

Departamento de Restauración Dental y Endodoncia, Universitat Internacional de Catalunya, Sant Cugat del Valles, Barcelona.

### Resumen

**Introducción:** El objetivo del estudio fue evaluar el transporte apical después de la instrumentación con sistema Mtwo 40/04. **Material y métodos:** Se utilizó la técnica de superposición radiográfica para evaluar el transporte apical producido a 0,5 mm de la longitud de trabajo en molares divididos según el ángulo de curvatura. Se usaron los conductos mesiales de 40 molares mandibulares divididos en dos grupos en función del ángulo de curvatura. Grupo A ( $n=40$ ): ángulos de 0 a 24° y grupos B ( $n=40$ ): ángulos de 24 a 56°. La prueba de Mann-Whitney se utilizó para las comparaciones por pares. El nivel de significación estadística se fijó en  $P < 0,05$ . **Resultados:** La media de transporte apical para el grupo A fue de  $0,17 \pm 0,04$  mm, mientras que el valor para el grupo B fue de  $0,19 \pm 0,03$  mm. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos. **Conclusiones:** Bajo las condiciones del estudio no existen diferencias en cuanto a transporte apical entre los distintos tipos de curvatura.

**Palabras clave:** Transporte Apical, Instrumentos Mtwo, instrumentación

### Introducción

El objetivo del tratamiento de conductos radiculares es eliminar los microorganismos, eliminar el tejido pulpar remanente y/o necrótico y dar forma a los conductos con el fin de facilitar la irrigación y la colocación de medicación y/o material de obturación. (1).

La aparición de instrumentos rotatorios de níquel-titanio ha revolucionado el tratamiento de conductos reduciendo la fatiga del operador, el tiempo de conformación del conducto y los errores asociados a la instrumentación del sistema de conductos (2, 3, 4, 5). Los errores de procedimiento tales como el transporte apical y la pérdida de longitud de trabajo se relacionan

principalmente con el uso de instrumentos de acero inoxidable, ya que dichos instrumentos no poseen suficiente flexibilidad (6).

La medición del transporte apical puede ser problemático, porque no existe una forma de evaluación estándar y las diferentes técnicas poseen limitaciones diferentes (7). En el método de la superposición radiográfica, la comparación de radiografías tomadas antes y después de la instrumentación permite un análisis longitudinal en dos dimensiones de la forma del conducto radicular (8). Se trata de una técnica fácil de realizar y con un bajo coste.

Los distintos sistemas de instrumentos rotatorios de NiTi del mercado poseen distintas características en cuanto al diseño de la sección transversal, la conicidad y el número de espiras por unidad de longitud. La elección del sistema va a afectar a la capacidad de preparar el conducto, especialmente en los conductos curvos.

El sistema de instrumentación rotatoria de Ni-Ti Mtwo (VDW, Munich, Alemania) aparece en el mercado en el 2003. Todos los instrumentos se llevan a longitud de trabajo desde un inicio, permitiendo la conformación simultánea del conducto y logrando una forma cónica del mismo desde el primer instrumento. El sistema está formado por un total de 8 instrumentos con conicidades que oscilan entre 4% y el 7% y tamaños de .10 a .40. Los instrumentos Mtwo presentan una sección en forma de “S” itálica y una punta inactiva. Estos instrumentos tienen dos hojas de corte, lo que permite cortar dentina de forma eficaz. Además, los instrumentos Mtwo tienen un pitch variable y progresivo desde la punta hasta el mango. Este diseño tiene dos funciones: (a) eliminar en enroscamiento en rotación continua y (b) reducir la extrusión de detritus hacia el ápice (9)

Siqueira (10) recomienda instrumentar el conducto radicular hasta un diámetro de # 40, a fin de eliminar una mayor cantidad de detritus y para promover una mejor limpieza del tercio apical. Ram (11) observó también que los conductos deben ser instrumentados hasta un diámetro apical de .40 para asegurar el máximo contacto del irrigante con los detritus apicales. Sin embargo, el alcanzar un mayor diámetro apical es difícil y puede conducir a más errores de procedimiento (12). Hasta nuestro conocimiento no existe ningún estudio publicado que evalúe el transporte apical producido en dientes extraídos instrumentados hasta un calibre apical de # 40 con el sistema Mtwo. Así el objetivo de este estudio fue evaluar el transporte apical producido en molares inferiores extraídos instrumentados hasta un calibre apical de # 40 con el sistema rotatorio de níquel titanio Mtwo.

## **Materiales y Métodos**

Se seleccionaron 40 primeros molares inferiores humanos exodonciados que presentaban en la raíz mesial conductos independientes desde coronal a apical, descartando aquellos con

ápice abierto y con presencia de fisuras o fracturas verticales (Microscopio óptico Vasconcellos DF (Modelo MC-M2101, Sao Paulo, Brazil) a 16 aumentos.

La apertura cameral se realizó utilizando una fresa de bola diamantada (Maillefer Dentsply, Ballaigues, Suiza) y una fresa Endo-Z (Maillefer Dentsply, Ballaigues, Suiza); se seccionó la raíz distal para evitar la superposición con la mesial en las distintas proyecciones radiográficas a realizar durante el estudio.

Cada conducto fue permeabilizando con una lima K .08 y .10 (VDW, Munich, Alemania) y aplicando Glyde (Maillefer Dentsply, Ballaigues, Suiza) como lubricante. Determinamos la longitud del conducto con la ayuda del Microscopio óptico Vasconcellos DF a 16 aumentos (Modelo MC-M2101, Sao Paulo, Brazil) visualizando la salida de la lima por el forámen apical y restando 1mm a la longitud obtenida.

Cada diente fue montado en un molde especialmente preparado con silicona de adición (Optosil P Plus<sup>®</sup> HERAEUS KULZER, Hanau, Alemania) y un paralelizador para poder mantener una posición constante (igual proyección y distancia focal) durante todo el estudio. Se realizaron dos radiografías de conductometría con una lima K del número 15 en los conductos mesiales en visión vestibular y proximal.

Tras realizar las imágenes radiográficas se exportaron a formato jpg, y con el software informático AutoCAD 2008 se procedió a determinar el ángulo y el radio de curvatura según el método descrito por Pruett (13).

Los conductos radiculares se dividieron en dos grupos en función del ángulo de curvatura: Grupo A ( $n=40$ ): ángulos de 0 a 24° y grupos B ( $n=40$ ): ángulos de 24 a 56°.

Siguiendo las recomendaciones del fabricante se estableció un Glide Path con limas k .10 (VDW, Munich, Alemania) a longitud de trabajo (LT) previo a la utilización de los instrumentos Mtwo. La secuencia de instrumentación fue la siguiente: .10/04, .15/05, .20/06, .25/06, .30/05, .35/04 y .40/04. Después de casa uso, los instrumentos fueron limpiados y examinados. Los conductos fueron irrigados con NaOCl al 4,2% con una aguja Miraject Endo-Luer Lock de 0,5 x 40 mm (Hager Werken, Duisburg, Alemania). Cada instrumento fue usado para conformar ocho conductos y posteriormente fueron desechados.

Después de la instrumentación se volvió a colocar el diente en el molde se silicona con el instrumento Mtwo .40/04 y se realizaron dos radiografías post-instrumentación. El software

informático Adobe Photoshop (Adobe Systems Inc, San Jose, CA) fue usado para superponer cada imagen pre-instrumentación con la imagen post-instrumentación (transparentada al 50%) correspondiente.

Para valorar el transporte apical se valoró la variación de la posición de la punta del instrumento endodóncico mediante la superposición de imágenes. Para ello medimos en milímetros la distancia en una recta entre la punta de la lima k .15/04 en la radiografía de la conductometría pre-instrumentación y la punta del instrumento Mtwo .40/04 la conductometría post-instrumentación). La medición se realizó a 0,5 mm de la LT.

La prueba de Shapiro-Wilk se utilizó para evaluar la distribución de los datos. Teniendo en cuenta que los resultados de cada grupo no sigue una distribución normal, la prueba de Mann-Whitney se utilizó para las comparaciones por pares. El nivel de significación estadística se fijó en  $P < 0,05$ .

## Resultados

La media y la desviación estándar del ángulo y el radio de curvatura de los conductos radiculares en el grupo A fueron  $18,6 \pm 6,7$  grados y en el grupo B fueron  $33,7 \pm 5,4$  grados.

El grupo A tenía un valor medio para el transporte apical de  $0,17 \pm 0,04$  mm, mientras que el valor para el grupo B fue de  $0,19 \pm 0,03$  mm. La prueba de Mann-Whitney no mostró diferencias significativas entre los dos grupos con respecto al transporte apical

## Discusión

El objetivo del presente estudio fue evaluar el transporte apical producido en raíces mesiales de molares inferiores. Se decidió utilizar dientes naturales para poder comparar y llevar nuestros resultados a la situación clínica; otra opción sería el uso de los cubiletes de resina (14) que ofrecen un modelo experimental donde se estandariza la longitud, el calibre, el ángulo y el radio de curvatura, pero se ha de tener cuidado cuando se van a usar los resultados obtenidos con cubiletes debido principalmente a la distinta dureza que existe entre la dentina y la resina; la dureza aproximada de los bloques de resina es de 36 (escala de Knoop) según Calberson y cols. (15) mientras que la dureza de la dentina la calcularon Patterson y cols en 1963 entre 40 y 72 (según escala de Knoop). La fabricación de los bloques de resina no descarta errores en su producción, pudiendo afectar los resultados. Kum y colaboradores concluyeron en su estudio que los sistemas rotatorios con apoyos radiales pueden calentar el cubilete por fricción y favorecer su fractura (16).

El uso de dientes extraídos, aún presentando grandes variaciones en la morfología del conducto (variaciones en la curvatura, la longitud y el ancho del conducto) autores como Kumm et al (16) y Hülsman et al. (17) opinan que es la forma más fiable de evaluar una técnica de instrumentación rotatoria.

Se seleccionó el sistema rotatorio de NiTi Mtwo debido a sus propiedades. Hasta el momento no existen estudios que evalúen el efecto de los instrumentos Mtwo en molares inferiores instrumentados hasta un calibre apical de .40/04.

Numerosas técnicas (2,3,5) son viables para evaluar la eficacia de los instrumentos de mantenerse centrados en el conducto durante la instrumentación.

Las secciones transversales de las raíces en distintos niveles se utilizan para visualizar directamente la forma y posición del conducto radicular. Sin embargo, este método no puede documentar la anatomía original del conducto antes de la instrumentación (3).

Con la técnica de Bramante (18) se soluciona este problema, ya que se realiza una sección de las raíces previa a la instrumentación, después se vuelven a ensamblar para realizar la instrumentación y reevaluar los cambios producidos. Con esta técnica se obtienen excelentes resultados, pero muchos dientes se pierden.

El uso de micro tomografía computarizada de alta resolución (micro CT) para estudiar la anatomía del conducto radicular es una herramienta prometedora, sin embargo, es una técnica que requiere mucho tiempo y es muy costosa económicamente (19).

Con el método de la superposición radiográfica, las radiografías tomadas antes y después de la instrumentación nos permiten realizar un estudio en dos dimensiones de la forma longitudinal del conducto radicular. Esta metodología es fácil de usar, con un bajo coste, pero carecen de la capacidad de revelar la información volumétrica (20).

En el presente estudio, no se encontraron diferencias significativas al comparar los resultados de transporte apical entre los distintos grupos (0-24° en comparación con 25-54°).

Estos resultados están de acuerdo con varios estudios (9, 21, 22, 23) que indican un buen comportamiento del sistema Mtwo, en conductos curvos, produciendo preparaciones centradas en el interior de los mismos.

Por lo general, los sistemas rotatorios de NiTi utilizan una técnica de coronal hacia apical. Esta técnica reduce la fricción en el conducto cuando el instrumento corta la dentina, ya que

sólo una parte de la lima trabaja dentro del conducto.

Los instrumentos del sistema Mtwo se utilizan directamente a longitud de trabajo con un movimiento suave de entrada y salida (9). Esta secuencia hace que los primeros instrumentos puedan encontrar más fricción en el conducto, por lo tanto, existe una mayor probabilidad de fractura del instrumento.

En este estudio se utilizaron las limas para la conformación de 8 conductos. Plotino y cols. (24) llegaron a la conclusión de que los instrumentos Mtwo pueden ser utilizados con seguridad hasta 10 veces en molares con curvatura de 10 grados o mayor. En el presente estudio, se utilizaron los instrumentos Mtwo hasta 8 veces porque el ángulo de curvatura era más variable (0-24 grados y de 25 -54 grados).

El propósito del estudio fue evaluar el transporte apical después de la instrumentación con instrumentos rotatorios Mtwo. Un transporte en el tercio apical del conducto radicular puede provocar una limpieza insuficiente de los conductos radiculares. Wu y cols. (25) observaron que el transporte apical mayor de 0,3 mm reduce la calidad del sellado de la obturación del conducto. En el presente estudio ninguna de las muestras instrumentadas alcanzó el nivel crítico de transporte antes mencionado.

Dentro de las limitaciones de este estudio *invitro* podemos concluir que el sistema Mtwo mantiene la anatomía original del conducto y es una sistema que se puede usar de forma segura en conductos curvos.

## **Bibliografía**

1. Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil JM. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endod Topics* 2005;10: 77–102.
2. Glosson CR, Haller RH, Dove SB, Del Rio CE. A comparison of root canal preparations using nickel–titanium hand, nickel–titanium engine-driven, and K-Flex endodontic instruments. *J Endod* 1995;21:146–51.
3. Bryant ST, Thompson SA, Al-Omari MAO, Dummer PMH. Shaping ability of ProFile rotary nickel–titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals. Part 1. *Int Endod J* 1998;31:275–81.

4. Park H. A comparison of greater taper files, ProFiles, and stainless steel files to shape curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001;9:715–8.
5. Ferraz CC, Gomes NV, Gomes BP, Zaia AA, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Apical extrusion of debris and irrigants using two hand and three engine-driven instrumentation techniques. *Int Endod J* 2003;34:354–8.
6. Javaheri HH, Javaheri GH. A comparison of three Ni-Ti rotary instruments in apical transportation. *J Endod*. 2007 Mar;33:284-6.
7. Iqbal MK, Floratos S, Hsu YK, Karabucak B. An in vitro comparison of Profile GT and GTX nickel-titanium rotary instruments in apical transportation and length control in mandibular molar. *J Endod* 2010;36:302-4.
8. Iqbal MK, Maggiore F, Suh B, Edwards KR, Kang J, Kim S. Comparison of apical transportation in four Ni-Ti rotary instrumentation techniques. *J Endod* 2003;29:587–91.
9. Schäfer 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;39:196-202.
10. Siqueira JF, Lima KC, Magalhaes FA, Lopes HP, de Uzeda M. Mechanical reduction of the bacterial population in the root canal by three instrumentation techniques. *J Endod* 1999;25:332-5.
11. Ram Z. Effectiveness of root canal irrigation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1977;44:306-12.
12. Schäfer E, Dammaschke T. Development and sequelae of canal transportation. *Endodontic Topics* 2009;15:75-90.
13. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL Jr. Cyclic fatigue testing of nickel titanium endodontic instruments. *J Endod* 1997;23:77–85.
14. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* 2004;30:559-67.
15. 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 37:613-23.



16. Kum KY, Spangberg L, Cha BY, Il-Young J, Msd, Seung-Jong L, et al. Shaping ability of three ProFile rotary instrumentation techniques in simulated resin root canals. *J Endod* 2000;26:719-23.
17. Hülsmann M, Peters OA, Dummer MH. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic Topics* 2005;10:30-76
18. Bramante M, Berbert A, Borges RP. Methodology for evaluation of root canal instrumentation. *J Endod* 1987;13:243-5.
19. Peters O, Laib A, Gohring T, Barbakow F. Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography. *J Endod* 2001;27:1-6.
20. Ounsi HF, Franciosi G, Paragliola R, Al-Hezaimi K, Salameh Z, Tay FR et al. Comparison of two techniques for assessing the shaping efficacy of repeatedly used nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2011;37:847-50.
21. Schäfer 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;39:203-12.
22. Veltri M, Mollo A, Mantovani L, Pini P, Balleri P, Grandini S. A comparative study of Endoflare-Hero Shaper and Mtwo NiTi instruments in the preparation of curved root canals. *Int Endod J* 2005;38:610-6.
23. Schäfer E, Oitzinger M. Cutting efficiency of five different types of rotary nickeltitanium instruments. *J Endod* 2008;34:198-200.
24. 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; 39:716-23.
25. Wu MK, Fan B, Wesselink PR. Leakage along apical root fillings in curved root canals. Part I: effects of apical transportation on seal of root fillings. *J Endod* 2000;26:210-6.

P

I

S

C

R

S

## DISCUSIÓN

I

Ó

N



El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el transporte apical producido por cinco sistemas rotatorios de níquel titanio en raíces mesiales de primeros molares mandibulares instrumentados hasta un calibre apical de 40.04. El transporte apical implica una deformación iatrogénica de la anatomía original del conducto, ello produce una preparación difícil de sellar correctamente predisponiendo a una mayor filtración que puede comprometer el correcto sellado apical y comprometer, por lo tanto, el éxito del tratamiento endodóntico.

## 6.1 DISCUSIÓN DE LA METODOLOGÍA

### 6.1.1 Dientes naturales o cubiletes de resina

En el presente estudio decidimos utilizar dientes naturales humanos extraídos para poder comparar y llevar nuestros resultados a la situación clínica; otra opción hubiese sido usar cubiletes de resina (33,37-39), los cuales permiten estandarizar la muestra en cuanto a longitud, calibre, ángulo y radio de curvatura; y además permiten la visualización del instrumento durante el proceso de preparación del conducto, ya que son transparentes.

Sin embargo, se ha de tener cuidado cuando se van a usar los resultados obtenidos con cubiletes de resina debido principalmente a la distinta dureza que existe entre la dentina (de entre 40 y 72 según Patterson *et al* 1963) y la resina (de 36 según Calberson *et al* (40). Otra desventaja es que la fabricación de los bloques de resina no descarta errores en su producción, pudiendo afectar los resultados de los estudios.

El uso de dientes extraídos, aún presentando grandes variaciones en la morfología del conducto, en la curvatura, en la longitud y el ancho del conducto, ha sido descrito por autores como Kum *et al.* (41) y Hülsman *et al.* (11) como la forma más fiable de evaluar una técnica de instrumentación rotatoria. Para nuestro trabajo se seleccionaron raíces mesiales de molares inferiores ya que estas presentan conductos curvos, y no son ni muy anchos ni muy largos. Además, en las raíces mesiales de los molares inferiores es dónde tienen lugar la mayoría de los accidentes iatrogénicos ocurridos durante la instrumentación (42).

### 6.1.2 Selección de los sistemas de instrumentación

Se escogieron instrumentos rotatorios de NiTi por las ventajas que presentan respecto a los de acero inoxidable, como su flexibilidad y su bajo módulo de elasticidad, que les confieren la

capacidad de mantener la forma del conducto sin una excesiva deformación (14). Según Sonntag *et al.*(14) las ventajas que presentan los instrumentos de NiTi respecto los de acero inoxidable son que mantienen una preparación más centrada del conducto y que necesitan menos tiempo para realizar dicha preparación.

Los distintos sistemas de instrumentos de níquel titanio tienen diferentes características en cuanto a sección transversal, conicidad, profundidad y número de espiras por milímetro. La elección del sistema puede afectar la habilidad de conformar los conductos, especialmente en los que son curvos.

En este estudio se decidió comparar cinco sistemas rotatorios de níquel titanio: Sistema ProFile<sup>®</sup>, Sistema RaCe<sup>®</sup>, Sistema Twisted Files<sup>®</sup>, Sistema FlexMaster<sup>®</sup>, y Sistema Mtwo<sup>®</sup>.

Los instrumentos ProFile<sup>®</sup> usados en este estudio presentan un elemento diferencial respecto a los otros: la existencia de apoyos radiales en su sección transversal, lo que a priori le confiere la capacidad de mantener la forma original del conducto. Por otra parte se han usado los instrumentos del sistema RaCe<sup>®</sup>, que igual que los anteriores poseen dos características que les diferencian de los demás sistemas; tienen un tratamiento electroquímico de la superficie y alternan bordes cortantes con zonas no cortantes a lo largo de la parte activa del instrumento.

Se decidió usar el sistema Twisted Files ya que es el único sistema de limas rotatorias de níquel titanio fabricadas por torsión y no por desgaste. Otra característica única de este sistema es que la torsión de estos instrumentos se realiza en una fase pre-martensítica llamada “Fase R”. El sistema FlexMaster por su parte posee ángulos de corte distintos para cada tamaño y sus hojas de corte son como la de un instrumento tipo k.

Normalmente los instrumentos de Níquel Titanio usan una técnica de coronal a apical. Esta técnica reduce la fricción del instrumento con las paredes del conducto al cortar dentina, porque solo una parte del instrumento esta trabajando. Esta menor fricción va a disminuir la posibilidad de transporte apical debido a que el instrumento va a trabajar de forma más libre en el interior del conducto (29). El sistema Mtwo se escogió porque presenta dos limas rotatorias únicas y se usa a longitud de trabajo en lo que actualmente se llama una conformación simultánea del conducto desde la primera lima (36).

### 6.1.3 Selección del calibre apical

Varios autores (43, 44) han establecido que la utilización de instrumentos de tamaño #25 en la región apical cumple con todos los requisitos previos para la limpieza y conformación. Sin embargo, la porción apical del conducto puede albergar a un gran número de microorganismos que de no eliminarse podrían mantener la periodontitis apical (45). Por lo tanto, el aumento del calibre apical va a ayudar a reducir el nivel de contaminación microbiana (46-48). La preparación apical con calibres grandes (> 30) disminuye la cantidad de dentina infectada y detritus pulpares (49), además de mejorar la eficacia de los irrigantes (47) y posiblemente el resultado clínico. Por lo tanto, la preparación del conducto con calibres apicales mayores parece deseable (13). Siqueira *et al.* (46) recomienda que los conductos radiculares debe ser ampliados hasta un diámetro de #40, a fin de eliminar los microorganismos de la región apical y para promover una mejor limpieza del tercio apical.

A pesar de estas ventajas y de nuestro conocimiento de la anatomía del apical del conducto, el concepto de la preparación apical con calibres grandes no ha sido adoptado ampliamente debido a la preocupación sobre el daño iatrogénico causado por la preparación del ápice, ya que a medida que aumentamos el calibre apical aumenta la posibilidad de errores iatrogénicos. En la literatura, no existen estudios que hayan evaluado el transporte apical en conductos radiculares de dientes extraídos instrumentados hasta 40/04 con los sistemas ProFile<sup>®</sup>, RaCe<sup>®</sup>, FlexMaster<sup>®</sup>, Twisted Files<sup>®</sup> y Mtwo<sup>®</sup>.

### 6.1.4 Evaluación del transporte apical

Se han utilizado varios métodos para evaluar las diferentes técnicas de instrumentación como son; el análisis comparativo radiográfico, pre y post instrumentación (6,50-54); la evaluación de la sección transversal de los conductos instrumentados (8); el estudio de la sección transversal de los conductos antes y después de la instrumentación.(42,55,56) y el análisis mediante microtomografía axial

computerizada (*microCT*) (57-59). Sin embargo, no existe una técnica estandarizada que nos permita evaluar y comparar el transporte apical, ya que todas las técnicas tienen limitaciones diferentes (60).

La visualización directa de la sección transversal de los conductos radiculares a distintos niveles después de la instrumentación es una técnica utilizada para evaluar la forma y la posición del conducto una vez este ha sido instrumentado. Sin embargo, el problema de esta técnica es que no se puede hacer un estudio de la anatomía del conducto previo a la instrumentación (8). Este problema se solucionó con la técnica de Bramante (42,55,56), en esta técnica se realiza una sección de los conductos antes de la instrumentación, posteriormente se vuelven a ensamblar y una vez son instrumentados se vuelven a evaluar las secciones para observar los cambios que se han producido. Esta técnica da excelentes resultados, pero muchos dientes se pierden durante el proceso de montaje de las secciones transversales. El uso de la micro tomografía computarizada de alta resolución (*microCT*) para estudiar la anatomía del conducto radicular es una herramienta prometedora, sin embargo, es una técnica que requiere mucho tiempo y es muy costosa económicamente (57-59). Con el método de la superposición radiográfica, las radiografías tomadas antes y después de la instrumentación nos permiten realizar un estudio en dos dimensiones del comportamiento de los instrumentos en el interior del conducto (6,50-54). La escogimos para nuestro estudio ya que es una técnica fiable, rápida, precisa y de bajo coste para determinar el transporte apical en conductos curvos (61). Sin embargo, al tratarse de un estudio en dos dimensiones carece de la capacidad de revelar la información volumétrica (3D) (61).

El principal problema asociado a la superposición de imágenes radiográficas es la distorsión que puede existir dependiendo de la posición y orientación del rayo y el diente, por eso en nuestros estudios hemos realizado un molde con silicona de adición (Optosil Plus<sup>®</sup> Heraeus Kulzer, Hanau, Alemania) para estandarizar la posición del diente y el tubo de rayos X durante todo el estudio

## 6.2 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El objetivo de este trabajo fue evaluar y comparar el transporte apical producido por cinco sistemas rotatorios de níquel titanio. Cada uno de los cinco sistemas posee alguna característica que lo diferencia del resto. La media del transporte obtenido para cada sistema fue de  $0.17 \pm 0.09$  mm para el sistema ProFile,  $0.17 \pm 0.01$  mm para el sistema RaCe,  $0.16 \pm 0.01$  mm para el sistema FlexMaster,  $0.19 \pm 0.11$  mm para el sistema Twisted Files y  $0.18 \pm 0.06$  mm para el sistema Mtwo. El análisis estadístico ANOVA (en el anexo 4 se muestra el resumen estadístico de la prueba ANOVA) mostró que no habían diferencias estadísticamente significativas entre los distintos sistemas ( $P < .05$ ).

En la literatura no hay ningún estudio que evalúe el transporte apical con los cinco sistemas mencionados anteriormente. Sin embargo, nuestros resultados coinciden con los de otros autores que han analizado el transporte apical de alguno o algunos de los sistemas utilizados en este trabajo, a pesar de que, algunos investigadores midieron el transporte apical con un método diferente del utilizado en el presente estudio y con distinto calibre apical (51,62-65).

En nuestro estudio no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas estudiados con respecto al transporte apical.

La capacidad de corte de un instrumento depende, entre otros factores, del diseño de su sección transversal (66). Mc Spadden (66) reportó que los apoyos radiales de los instrumentos son eficaces para mantener el instrumento centrado en el interior del conducto y así reducir el transporte en el tercio apical del mismo.

Los apoyos radiales ayudan a distribuir la presión de las hojas de corte más uniformemente alrededor de las paredes de un conducto curvo. Esto contrasta con los instrumentos que no tienen apoyos radiales, en los que las hojas de corte hacen toda la presión sobre las paredes del conducto, y tienden a enderezar la curvatura.

Sin embargo, nuestros resultados no mostraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto al transporte apical entre los 5 sistemas de instrumentos rotatorios de níquel titanio estudiados, a pesar de que el instrumento ProFile es el único que tiene apoyos radiales. La ausencia de diferencias entre los distintos sistemas podría explicarse por el hecho de que el transporte apical es menor con los instrumentos más flexibles (66).

La flexibilidad de los instrumentos depende de la relación que hay entre diferentes parámetros, tales como el diseño de la sección transversal, el diámetro del núcleo, la distancia entre espiras, propiedades metalúrgicas y el tratamiento de la superficie de los instrumentos (67).

La flexibilidad de los instrumentos RaCe es debida a que alternan bordes cortantes con bordes no cortantes a lo largo de su superficie de trabajo. Esta característica permite que haya una mejor distribución del stress que sufre el instrumento cuando esta trabajando en el interior de un conducto curvo (66).

Por otro lado, la mayor flexibilidad de los instrumentos Twisted Files puede ser atribuida a su proceso de fabricación, ya que son los únicos que están fabricados en una fase pre-martensítica



(Fase R). La fabricación se realiza mediante un alambre de níquel titanio ya con forma triangular que es retorcido y sometido a un enfriamiento muy lento que provoca un cambio en la cristalización del metal que le confiere mayor resistencia y flexibilidad (51,65).

La forma mas común de aumentar la flexibilidad es disminuyendo la masa del instrumento. Esto se realiza aumentando el número de espiras por unidad de longitud o modificando el tamaño o el diámetro del núcleo del instrumento (66). En el sistema FlexMaster, los instrumentos, poseen un mayor número de espiras por unidad de longitud, lo que les hace ser instrumentos más flexible, ya que tienen menor masa (66). Este hecho podría ser la causa de que no haya diferencias con el resto de sistemas.

Por lo general, los sistemas rotatorios de níquel titanio utilizan una técnica de coronal hacia apical. La técnica de instrumentación (3) se ha descrito como un factor predisponente al transporte apical. Roane *et al.* (29) determinó que la técnica Crown down producía menor transporte apical, ya que con esta técnica, se reduce la fricción del instrumento con las paredes del conducto al cortar dentina, porque sólo una parte del instrumento esta trabajando. Esta menor fricción va a disminuir la posibilidad de transporte apical debido a que el instrumento va a trabajar de forma más libre en el interior del conducto. Sin embargo, el sistema Mtwo es el único sistema de los cinco estudiados, en el que los instrumentos van a trabajar directamente a longitud de trabajo. Esta secuencia hace que los primeros instrumentos puedan encontrar más fricción en el conducto.

Según algunos autores (3,29) el hecho de que todos los instrumentos trabajen directamente a longitud de trabajo, sin realizar una preparación del conducto de coronal a apical podría llevar a un transporte del tercio apical del conducto por una mayor fricción de los instrumentos con las paredes del conducto.

Sin embargo, los valores de transporte apical obtenidos en este estudio muestran que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el sistema Mtwo y los otros cuatro sistemas que trabajan todos ellos con una técnica de coronal a apical. La posible explicación a este resultado es que en todos los dientes instrumentados para este estudio se les realizó un glide path hasta una lima #20 manual. Al haber realizado un ensanchamiento previo hasta #20, los primeros instrumentos del sistema Mtwo no tenían tanta fricción con el conducto. Sin embargo, el fabricante de Mtwo recomienda realizar un glide path hasta una lima del #10. En nuestro estudio, para poder estandarizar todas las técnicas, lo aumentamos hasta el #20.

Como hemos comentado al inicio, las medias de los cinco sistemas de instrumentación fueron de  $0.17 \pm 0.09$  mm para el sistema ProFile,  $0.16 \pm 0.07$  mm para el sistema RaCe,  $0.17 \pm 0.09$  mm

para el sistema FlexMaster,  $0.19 \pm 0.11$  mm para el sistema Twisted Files y  $0.18 \pm 0.06$  mm para el sistema Mtwo, sin que hubieran diferencias estadísticamente significativas entre sí.

El transporte del tercio apical del conducto implica una deformación iatrogénica de la anatomía originaria del conducto, que puede llevar a que no se eliminen por completo los detritus y los microorganismos debido a una limpieza insuficiente del sistema de conductos. Wu *et al.* (5) observó que un transporte apical superior a 0,3 mm podría reducir la calidad del sellado del sistema de conductos. En nuestro estudio, ninguna de las muestras instrumentadas superó el nivel crítico de transporte anteriormente mencionado.

A nivel clínico estos resultados nos hacen pensar que los cinco son sistemas seguros y válidos para ser usados en la instrumentación de conductos curvos ya que en mayor o menor medida todos mantienen la forma original del conducto.

Observando los resultados del presente trabajo podemos observar que los cinco sistemas de instrumentos rotatorios de níquel titanio produjeron unos valores de transporte apical similares, no obteniendo diferencias significativas entre ellos, lo que nos lleva a aceptar la hipótesis nula que nos planteamos al inicio.



# CONCLUSIONES

---



## CONCLUSIONES

1. Después de instrumentar los conductos mesiales de los molares mandibulares hasta un calibre apical de #40.04 todos los sistemas mostraron un comportamiento parecido en el transporte del tercio apical del conducto, sin existir diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) entre ellos.
2. El sistema rotatorio de níquel titanio ProFile<sup>®</sup> obtuvo una media de transporte apical de  $0.17 \pm 0.09$  mm en conductos mesiales de molares mandibulares instrumentados hasta un calibre apical de #40.04.
3. El sistema rotatorio de níquel titanio RaCe<sup>®</sup> obtuvo una media de transporte apical de  $0.16 \pm 0.07$  mm en conductos mesiales de molares mandibulares instrumentados hasta un calibre apical de #40.04.
4. El sistema rotatorio de níquel titanio Twisted Files<sup>®</sup> obtuvo una media de transporte apical de  $0.19 \pm 0.11$  mm en conductos mesiales de molares mandibulares instrumentados hasta un calibre apical de #40.04.
5. El sistema rotatorio de níquel titanio FlexMaster<sup>®</sup> obtuvo una media de transporte apical de  $0.17 \pm 0.09$  mm en conductos mesiales de molares mandibulares instrumentados hasta un calibre apical de #40.04.
6. El sistema rotatorio de níquel titanio Mtwo<sup>®</sup> obtuvo una media de transporte apical de  $0.18 \pm 0.11$  mm en conductos mesiales de molares mandibulares instrumentados hasta un calibre apical de #40.04.



REFERENCIAS  
BIBLIOGRÁFICAS

---





1. Baugh D, Wallace J. The role of apical instrumentation in root canal treatment: a review of the literature. *J Endod* 2005;31:333-40.
2. Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil JM. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endod Topics* 2005;10:77-102.
3. Schäfer E, Dammaschke T. Development and sequelae of canal transportation. *Endod Topics* 2009;15:75-90.
4. American Association of Endodontists. *Glossary of Endodontic Terms*, 7th ed. Chicago: AAE, 2003.
5. Wu MK, Fan B, Wesselink PR. Leakage along apical root fillings in curved root canals. Part I: effects of apical transportation on seal of root fillings. *J Endod* 2000;26:210-6.
6. Javaheri HH, Javaheri GH. A comparison of three Ni-Ti rotary instruments in apical transportation. *J Endod*. 2007;33:284-6.
7. Glosson CR, Haller RH, Dove SB, Del Rio CE. A comparison of root canal preparations using nickel-titanium hand, nickel-titanium engine-driven, and K-Flex endodontic instruments. *J Endod* 1991;21:146-51.
8. Bryant ST, Thompson SA, Al-Omari MAO, Dummer PMH. Shaping ability of ProFile rotary nickel-titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals. Part 1. *Int Endod J* 1998;31:275-81.
9. Park H. A comparison of greater taper files, ProFiles, and stainless steel files to shape curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001;9:715-8.
10. Ferraz CC, Gomes NV, Gomes BP, Zaia AA, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Apical extrusion of debris and irrigants using two hand and three engine-driven instrumentation techniques. *Int Endod J*. 2003 34, 354-8.
11. Hülsmann M, Peters OA, Dummer MH. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endod Topics* 2005;10:30-76
12. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am* 1974;18:269-96.
13. Spangberg L. The wonderful world of rotary root canal preparation. *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radio Endod* 2001;92:479
14. Sonntag D, Delschen S, Stachniss V. Root-canal shaping with manual and rotary Ni-Ti files performed by students. *Int Endod J* 2003;36:715-23.

15. Pettiette MT, Delano EO, Trope M. Evaluation of success rate of endodontic treatment performed by students with stainless-steel K-files and nickel-titanium hand files. *J Endod* 2001;27:124-7.
16. Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod* 1988;14:346-51.
17. Guttman JD, TC. Lovdahl, PE. Hovland, EJ. Problem solving in endodontics. 4<sup>a</sup> ed. St Louis, MO: Mosby; 2007.
18. Lambrianidis T. Ledging and blockage of root canals during canal preparation: causes, recognition, prevention, management, and outcomes. *Endodontic Topics* 2009;15:56–74
19. Weine F. *Endodontic Therapy*. 6<sup>a</sup> ed: Mosby.
20. Short JA, Morgan LA, Baumgartner JC. A comparison of canal centering ability of four instrumentation techniques. *J Endod* 1997;23:503–7.
21. Ruddle CJ. Nonsurgical retreatment. *J Endod*. 2004;30:827-45.
22. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL. Cyclic fatigue of nickel-titanium endodontic systems. *J Endod* 1997;23: 77–85.
23. Sattapan B, Nervo GJ, Palmara JE, Messer HH. Defects in rotary nickel titanium files after clinical use. *J Endod* 2000;26:161-65
24. Parashos P, Messer HH. Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. *J Endod* 2006;32:1031-43.
25. Pirani C, Cirulli PP, Chersoni S, Micele L, Ruggeri O, Prati C. Cyclic fatigue testing and metallographic analysis of nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2011 ;37:1013-6.
26. Ullmann CJ, Peters OA. Effect of cyclic fatigue on static fracture loads in ProTaper nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2005;31:183–6.
27. Martín B, Zelada G, Varela P, et al. Factors influencing the fracture of nickel-titanium rotary instruments. *Int Endod J* 2003;36:262– 6.
28. Plotino G, Grande NM, Cordaro M, Testarelli L, Gambarini G. A review of cyclic fatigue testing of nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2009;35:1469-76.
29. Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG, Jr. The "balanced force" concept for instrumentation of curved canals. *J Endod*. 1985;11:203-11.
30. Wolcott S, Wolcott J, Ishley D, Kennedy W, Johnson S, Minnich S, Meyers J. Separation incidence of protaper rotary instruments: a large cohort clinical evaluation. *J Endod* 2006 ;32:1139-41.

31. Berutti E, Chiandussi G, Gaviglio I, Ibba A. Comparative analysis of torsional and bending stresses in two mathematical models of nickel-titanium rotary instruments: ProTaper versus ProFile. *J Endod* 2003;29:15-9.
32. Lloyd A. Root canal instrumentation with ProFile instruments. *Endod Topics* 2005;10:151–54
33. Schäfer E, Vlassis M. Comparative investigation of two rotary nickel-titanium instruments: ProTaper versus RaCe. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. *Int Endod J*. 2004;37:229-38.
34. Sonntag D. FlexMaster: a universal system. *Endod Topics* 2005;10:183–86
35. Gambarini G, Grande NM, Plotino G et al. Fatigue resistance of engine-driven rotary nickel-titanium instruments produced by new manufacturing methods. *J Endod* 2008;34:1003-5.
36. Schäfer 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;39:196-202.
37. Yun HH, Kim SK. A comparison of the shaping abilities of 4 nickel-titanium rotary instruments in simulated root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;95:228-33.
38. Sonntag D, Ott M, Kook K, Stachniss V. Root canal preparation with the NiTi systems K3, Mtwo and ProTaper. *Aust Endod J* 2007;33:73-81.
39. Sadeghi S. Shaping ability of NiTi rotary versus stainless steel hand instruments in simulated curved canals. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2011;16:454-8.
40. Calberson FL, Deroose CA, Homme GM, De Moor RJ. Shaping ability of ProTaper nickel-titanium files in simulated resin root canals. *Int Endod J* 2004;37:613-23.
41. Kum KY, Spangberg L, Cha BY, Il-Young J, Msd, Seung-Jong L, et al. Shaping ability of three ProFile rotary instrumentation techniques in simulated resin root canals. *J Endod* 2000;26:719-23.
42. Imura N, Kato AS, Novo NF, Hata G, Uemura M, Toda T. A comparison of mesial molar root canal preparations using two engine-driven instruments and the balanced-force technique. *J Endod*. 2001;27:627-31.
43. Buchanan LS. The standardized-taper root canal preparation. Part 1. Concepts for variably tapered shaping instruments. *Int Endod J* 2000;33:516-29.
44. Pécora JD, Capelli A. Shock of paradigms on the instrumentation of curved root canals. *Braz Dent J* 2006;17:3-5.

45. Nair PRN, Sjögren U, Krey G, Kahnberg KE, Sundqvist G. Intraradicular bacteria and fungi in root-filled, asymptomatic human teeth with therapy-resistant periapical lesions: a long-term light and electron microscopic follow-up study. *J Endod* 1990;16:580–8.
46. Siqueira JF, Lima KC, Magalhaes FA, Lopes HP, de Uzeda M. Mechanical reduction of the bacterial population in the root canal by three instrumentation techniques. *J Endod* 1999;25:332-5.
47. Shuping GB, Ørstavik D, Sigurdsson A, Trope M. Reduction of intracanal bacteria using nickel–titanium rotary instrumentation and various medications. *J Endod* 2000;26:751–5.
48. Card SJ, Sigurdsson A, Ørstavik D, Trope M. The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. *J Endod* 2002;28:779–83.
49. Tan BT, Messer HH. The quality of apical canal preparation using hand and rotary instruments with specific criteria for enlargement based on initial apical file size. *J Endod* 2002;28:658–64.
50. Iqbal MK, Maggiore F, Suh B, Edwards KR, Kang J, Kim S. Comparison of apical transportation in four Ni-Ti rotary instrumentation techniques. *J Endod* 2003 ;29:587-91.
51. El Batouty KM, Elmallah WE. Comparison of canal transportation and changes in canal curvature of two nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2011 ;37:1290-2.
52. Setzer FC, Kwon TK, Karabucak B. Comparison of apical transportation between two rotary file systems and two hybrid rotary instrumentation sequences. *J Endod* 2010;36:1226-9.
53. López FU, Fachin EV, Camargo Fontanella VR, Barletta FB, Só MV, Grecca FS. Apical transportation: a comparative evaluation of three root canal instrumentation techniques with three different apical diameters. *J Endod.* 2008;34:1545-8.
54. Karabucak B, Gatan AJ, Hsiao C, Iqbal MK. A comparison of apical transportation and length control between EndoSequence and Guidance rotary instruments. *J Endod.* 2010;36:123-5.
55. Bramante M, Berbert A, Borges RP. Methodology for evaluation of root canal instrumentation. *J Endod* 1987;13:243–5.
56. Roig-Cayón M, Basilio-Monné J, Abós-Herrándiz R, Brau-Aguadé E, Canalda-Sahli C. A comparison of molar root canal preparations using six instruments and instrumentation techniques. *J Endod.* 1997 Jun;23(6):383-6.
57. Pasternak-Júnior B, Sousa-Neto MD, Silva RG. Canal transportation and centring ability of RaCe rotary instruments. *Int Endod J* 2009;42:499-506.
58. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* 2004;30:559-67.
59. Moore J, Fitz-Walter P, Parashos P. A micro-computed tomographic evaluation of apical

- root canal preparation using three instrumentation techniques. *Int Endod J* 2009;42:1057-64.
60. Iqbal MK, Floratos S, Hsu YK, Karabucak B. An in vitro comparison of Profile GT and GTX nickel-titanium rotary instruments in apical transportation and length control in mandibular molar. *J Endod* 2010;36:302-4.
  61. Ounsi HF, Franciosi G, Paragliola R, Al-Hezaimi K, Salameh Z, Tay FR et al. Comparison of two techniques for assessing the shaping efficacy of repeatedly used nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2011 Jun;37:847-50.
  62. Paqué F, Barbakow F, Peters OA. Root canal preparation with Endo-Eze AET: changes in root canal shape assessed by micro-computed tomography. *Int Endod J*. 2005 Jul;38(7):456-64.
  63. Schäfer E, Lohmann D. Efficiency of rotary nickel-titanium FlexMaster instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. *Int Endod J* 2002;35:505-13
  64. Hülsmann M, Gressmann G, Schäfers F. A comparative study of root canal preparation using FlexMaster and HERO 642 rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J*. 2003;36:358-66.
  65. Gergi R, Rjeily JA, Sader J, Naaman A. Comparison of canal transportation and centering ability of twisted files, Pathfile-ProTaper system, and stainless steel hand K-files by using computed tomography. *J Endod*. 2010;36:904-7 .
  66. McSpadden JT. *Mastering Endodontic Instrumentation*. Chattanooga, TN: Cloudland Institute; 2007.
  67. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Beullens M, Wevers M, Van Meerbeek B, Lambrechts P. Progressive versus constant tapered shaft design using NiTi rotary instruments. *Int Endod J* 2003;36:288-95.





# ANEXOS

---







ANEXO 1. APROBACIÓN PROYECTO DE TESIS

---






**FACULTAD DE ODONTOLÓGIA**  
**Comisión científica**

**La comisión de doctorado del Departamento de Odontología de la Universitat Internacional de Catalunya, CERTIFICA que**

El presente proyecto de Tesis Doctoral titulado: **“Transporte apical producido por varios sistemas de instrumentación en molares inferiores instrumentados por estudiantes de postgrado”**, cuyos directores son el Dr. Fernando Durán Sindreu-Terol y la Dra. Montserrat Mercadé i Bellido y cuyo investigador principal es el doctorando **Marc García Font**.

ha sido evaluado satisfactoriamente y es apto para entrar en el programa de doctorado.

Firmado en Sant Cugat del Vallès, a 26 de noviembre del 2010.


 Universitat Internacional  
de Catalunya  
 Facultat d'Odontologia

**Dra. Montserrat Mercadé i Bellido**  
 Directora de la Comisión de Doctorado de Odontología

Título:	Transporte apical producido por varios sistemas de instrumentación en molares inferiores instrumentados por estudiantes de postgrado
Investigador principal:	Marc García Font
Director de la tesis:	Dr. Fernando Durán Sindreu-Terol y Dra. Montserrat Mercadé i Bellido
Número de estudio:	END-ELM-2010-03-NF



ANEXO 2. MEDICIONES ÁNGULO, RADIO Y TRANSPORTE APICAL

---



## MEDICIONES ÁNGULO, RADIO Y TRANSPORTE APICAL

SISTEMA	PROFILE	PRE-INSTRUMENTACIÓN		T.APICAL
		ÁNGULO (grados)	RADIO (mm)	
DIENTE 1	MV	12	5,23	0,05
	ML	18	4,39	0,05
DIENTE 2	MV	33	5,17	0,2
	ML	35	3,26	0,2
DIENTE 3	MV	26	6,63	0,2
	ML	21	6,4	0,17
DIENTE 4	MV	43	5,97	0,1
	ML	39	6,31	0,1
DIENTE 5	MV	21	3,95	0,19
	ML	23	5,76	0,3
DIENTE 6	MV	25	5,2	0,29
	ML	30	6,23	0,25
DIENTE 7	MV	42	5,2	0,07
	ML	45	7,4	0,19
DIENTE 8	MV	30	4,29	0,3
	ML	18	6,19	0,25
DIENTE 9	MV	36	5,42	0,22
	ML	24	5,42	0,14
DIENTE 10	MV	32	6,29	0,14
	ML	24	6,21	0
DIENTE 11	MV	34	4,98	0,25
	ML	36	6,05	0,16
DIENTE 12	MV	24	6,4	0,16
	ML	21	4,98	0,21
DIENTE 13	MV	35	6,17	0,19
	ML	25	4,98	0,2
DIENTE 14	MV	29	5,88	0,22
	ML	31	4,98	0,2
DIENTE 15	MV	30	6,51	0,1
	ML	28	6,24	0,25
DIENTE 16	MV	29	6,4	0,25
	ML	31	5,85	0,06
DIENTE 17	MV	34	6,47	0,25



	ML	26	5,93	0,18
DIENTE 18	MV	39	7,4	0,27
	ML	46	5,21	0,25
DIENTE 19	MV	12	4,04	0,15
	ML	10	4,98	0,24
DIENTE 20	MV	18	4,04	0,3
	ML	19	4,04	0,3
DIENTE 21	MV	40	4,95	0
	ML	35	6,4	0,22
DIENTE 22	MV	32	6,4	0,08
	ML	42	5,2	0,2
DIENTE 23	MV	55	3,72	0,2
	ML	43	4,92	0,24
DIENTE 24	MV	38	3,95	0
	ML	41	6,21	0,22
DIENTE 25	MV	39	3,92	0,2
	ML	31	5	0,12
DIENTE 26	MV	28	6,43	0,19
	ML	12	5,23	0,06
DIENTE 27	MV	37	4,7	0,2
	ML	30	6,08	0,08
DIENTE 28	MV	11	6,32	0,11
	ML	13	3,95	0,32
DIENTE 29	MV	44	3,37	0,13
	ML	41	3,26	0,25
DIENTE 30	MV	42	5,49	0
	ML	45	3,95	0,15
DIENTE 31	MV	30	6,51	0,13
	ML	31	4,86	0,2
DIENTE 32	MV	29	6,7	0,16
	ML	31	5,85	0,14
DIENTE 33	MV	15	6,93	0,13
	ML	17	3,95	0
DIENTE 34	MV	34	5,26	0,18
	ML	32	4,98	0,12
DIENTE 35	MV	14	6,64	0
	ML	11	4,98	0
DIENTE 36	MV	29	4,88	0,26
	ML	26	5,51	0,26
DIENTE 37	MV	27	4,26	0,15
	ML	25	3,93	0,17
DIENTE 38	MV	37	4,09	0,12
	ML	56	7,4	0,11
DIENTE 39	MV	30	6,51	0,1
	ML	31	4,86	0,09

SISTEMA

RACE

PRE-INSTRUMENTACIÓN

T.APICAL

ÁNGULO (grados) RADIO (mm)

DIENTE		PRE-INSTRUMENTACIÓN		T.APICAL
		ÁNGULO (grados)	RADIO (mm)	
DIENTE 1	MV	30	5,48	0,3
	ML	42	3,85	0,23
DIENTE 2	MV	40	4,89	0,23
	ML	36	5,58	0,2
DIENTE 3	MV	25	5,83	0,11
	ML	23	5,26	0,19
DIENTE 4	MV	27	6,6	0,24
	ML	24	6,28	0,21
DIENTE 5	MV	34	5,56	0,16
	ML	33	6,31	0,16
DIENTE 6	MV	45	5,5	0,2
	ML	28	4,94	0,12
DIENTE 7	MV	28	6	0,11
	ML	36	6,4	0,3
DIENTE 8	MV	28	6,07	0,22
	ML	30	6,5	0,22
DIENTE 9	MV	22	7,5	0,07
	ML	30	4,74	0,13
DIENTE 10	MV	33	5,79	0
	ML	39	6,57	0,3
DIENTE 11	MV	33	6,06	0,29
	ML	44	6,5	0,3
DIENTE 12	MV	28	4,59	0,21
	ML	27	7,03	0,3
DIENTE 13	MV	14	6,29	0,3
	ML	56	6,95	0,06
DIENTE 14	MV	36	6,29	0
	ML	27	4,01	0,21
DIENTE 15	MV	39	5,01	0,07
	ML	26	7,35	0,22
DIENTE 16	MV	21	5,73	0,22
	ML	30	6,5	0,09
DIENTE 17	MV	18	6,59	0,25
	ML	16	6,38	0,22
DIENTE 18	MV	42	3,7	0,13

	ML	20	7,79	0,13
DIENTE 19	MV	26	4,62	0,1
	ML	28	5,09	0,21
DIENTE 20	MV	23	5,01	0,15
	ML	38	4,07	0,14
DIENTE 21	MV	9	7,1	0,14
	ML	9	7,1	0,12
DIENTE 22	MV	26	5,34	0,1
	ML	24	7,28	0,21
DIENTE 23	MV	34	2,83	0,12
	ML	37	3,62	0,2
DIENTE 24	MV	53	3,3	0,14
	ML	55	4,87	0,12
DIENTE 25	MV	21	6,83	0,14
	ML	21	5,06	0,13
DIENTE 26	MV	33	6,83	0,14
	ML	33	6,05	0,1
DIENTE 27	MV	45	5,06	0,12
	ML	40	5,37	0,14
DIENTE 28	MV	39	7,66	0,13
	ML	46	5,02	0,14
DIENTE 29	MV	19	4,56	0,1
	ML	11	5,08	0,12
DIENTE 30	MV	30	6,01	0,11
	ML	27	6,01	0,1
DIENTE 31	MV	36	5,1	0,2
	ML	41	4,33	0,1
DIENTE 32	MV	36	4,6	0,1
	ML	31	5,4	0,21
DIENTE 33	MV	29	2,3	0,23
	ML	29	2,56	0,06
DIENTE 34	MV	42	5,96	0,21
	ML	34	4,93	0,22
DIENTE 35	MV	50	2,82	0,28
	ML	LIMA 40.04 FRACTURADA		LIMA ROTA
DIENTE 36	MV	36	4,6	0,07
	ML	31	5,4	0,3
DIENTE 37	MV	48	6,48	0,27
	ML	31	6,48	0,23
DIENTE 38	MV	63	4,89	0,1
	ML	25	7,46	0,24
DIENTE 39	MV	48	4,97	0,06
	ML	48	4,97	0,21
DIENTE 40	MV	36	7,1	0,14
	ML	41	6,33	0,1

SISTEMA

TWISTED FILES

PRE-INSTRUMENTACIÓN

T.APICAL

ÁNGULO (grados) RADIO (mm)

		ÁNGULO (grados)	RADIO (mm)	
DIENTE 1	MV	21	6,43	0,3
	ML	17	6,15	0,23
DIENTE 2	MV	32	5,6	0,3
	ML	32	5,6	0,16
DIENTE 3	MV	34	4,44	0,02
	ML	28	4,44	0,02
DIENTE 4	MV	40	6,67	0,23
	ML	29	6,44	0,27
DIENTE 5	MV	32	6,03	0,05
	ML	21	5,15	0,05
DIENTE 6	MV	37	4,11	0,23
	ML	37	4,97	0,09
DIENTE 7	MV	14	6,75	0,31
	ML	14	5,78	0,21
DIENTE 8	MV	41	3,48	0,24
	ML	21	5,12	0,26
DIENTE 9	MV	30	6,46	0,07
	ML	28	4,68	0,08
DIENTE 10	MV	83	3,46	0,18
	ML	79	4,52	0,18
DIENTE 11	MV	60	2,95	0,25
	ML	58	3,05	0,2
DIENTE 12	MV	29	5,7	0,27
	ML	29	6,5	0,3
DIENTE 13	MV	29	5,76	0,28
	ML	31	6,5	0,24
DIENTE 14	MV	33	7,47	0,26
	ML	39	5,96	0,21
DIENTE 15	MV	17	4,79	0,13
	ML	21	5,8	0,15
DIENTE 16	MV	28	8	0,23
	ML	25	4,46	0,12
DIENTE 17	MV	44	4,65	0
	ML	52	5,6	0,3
DIENTE 18	MV	57	3,41	0,17
	ML	46	4,74	0
DIENTE 19	MV	25	6,19	0

	ML	17	5,02	0,17
DIENTE 20	MV	36	6,42	0,24
	ML	23	5,28	0,13
DIENTE 21	MV	44	5,8	0,21
	ML	37	6,81	0,2
DIENTE 22	MV	46	6,86	0,15
	ML	30	6,34	0,2
DIENTE 23	MV	26	5,82	0,3
	ML	26	6,19	0,25
DIENTE 24	MV	29	5,09	0,26
	ML	30	6,17	0,17
DIENTE 25	MV	44	4,65	0
	ML	52	5,6	0,19
DIENTE 26	MV	23	5,97	0,13
	ML	21	8	0
DIENTE 27	MV	11	6,99	0
	ML	21	5,38	0,26
DIENTE 28	MV	32	4,85	0,11
	ML	44	6,42	0,3
DIENTE 29	MV	16	8,31	0,21
	ML	LIMA 35.06 FRACTURADA		LIMA ROTA
DIENTE 30	MV	29	5,64	0,21
	ML	20	7,5	0,1
DIENTE 31	MV	30	6,57	0,23
	ML	25	7,86	0,17
DIENTE 32	MV	31	5,2	0
	ML	39	3,9	0,27
DIENTE 33	MV	35	5,01	0,14
	ML	35	7,62	0,3
DIENTE 34	MV	42	5,31	0,14
	ML	24	4,24	0,22
DIENTE 35	MV	55	4,89	0,13
	ML	33	6,55	0,08
DIENTE 36	MV	29	4,43	0,1
	ML	29	5,43	0,4
DIENTE 37	MV	41	6,37	0,14
	ML	34	7,5	0,12
DIENTE 38	MV	45	3,95	0,09
	ML	30	5,74	0,21
DIENTE 39	MV	41	5,78	0,13
	ML	30	7,03	0,16
DIENTE 40	MV	31	4,99	0,23
	ML	24	5,82	0,21

SISTEMA

FLEXMASTER

PRE-INSTRUMENTACIÓN

T.APICAL

ÁNGULO (grados) RADIO (mm)

		ÁNGULO (grados)	RADIO (mm)	
DIENTE 1	MV	22	8,42	0,23
	ML	32	7,17	0,19
DIENTE 2	MV	33	5,64	0,18
	ML	19	5,81	0,3
DIENTE 3	MV	22	6,44	0,03
	ML	28	6,62	0,19
DIENTE 4	MV	29	6,19	0,25
	ML	33	5,6	0,22
DIENTE 5	MV	33	6,4	0,11
	ML	30	7,16	0,19
DIENTE 6	MV	49	3,93	0,22
	ML	42	4,01	0,14
DIENTE 7	MV	24	6,13	0
	ML	24	6,79	0,2
DIENTE 8	MV	22	6,06	0
	ML	17	4,03	0,18
DIENTE 9	MV	21	5,09	0,14
	ML	14	6,32	0,23
DIENTE 10	MV	29	7,43	0
	ML	20	7,31	0,27
DIENTE 11	MV	37	6,81	0,03
	ML	24	5,35	0
DIENTE 12	MV	29	6,76	0,22
	ML	29	4,38	0,15
DIENTE 13	MV	39	5,78	0,09
	ML	29	6,46	0,18
DIENTE 14	MV	11	7,32	0,29
	ML	20	5,3	0,17
DIENTE 15	MV	39	7,24	0,19
	ML	40	5,76	0,24
DIENTE 16	MV	21	7,21	0,19
	ML	24	6,61	0,13
DIENTE 17	MV	37	3,69	0,09
	ML	37	4,97	0,2
DIENTE 18	MV	36	7,08	0,3
	ML	32	4,09	0,29
DIENTE 19	MV	22	6,93	0,21

	ML	21	6,7	0,19
DIENTE 20	MV	35	7,2	0,2
	ML	32	4,96	0,29
DIENTE 21	MV	43	5,4	0,05
	ML	48	6,21	0,03
DIENTE 22	MV	37	5,52	0,21
	ML	35	8,2	0,01
DIENTE 23	MV	31	5,48	0,27
	ML	42	5,11	0,2
DIENTE 24	MV	23	7	0,3
	ML	22	7,4	0,13
DIENTE 25	MV	22	6,48	0,22
	ML	13	7,06	0,19
DIENTE 26	MV	21	6,24	0,19
	ML	21	6,24	0,19
DIENTE 27	MV	33	4,92	0,18
	ML	37	5,27	0,18
DIENTE 28	MV	32	6,57	0,28
	ML	43	7,29	0,17
DIENTE 29	MV	26	5,68	0,07
	ML	26	5,68	0,16
DIENTE 30	MV	52	3,31	0,07
	ML	39	3,27	0,14
DIENTE 31	MV	33	6,98	0,1
	ML	30	3,44	0,11
DIENTE 32	MV	24	5,14	0,12
	ML	16	4,04	0,19
DIENTE 33	MV	34	7,79	0,2
	ML	37	6,45	0,15
DIENTE 34	MV	38	6,47	0,23
	ML	56	6,41	0,29
DIENTE 35	MV	40	9,46	0,3
	ML	37	9,33	0,27
DIENTE 36	MV	42	7,65	0,09
	ML	42	5,68	0,08
DIENTE 37	MV	28	7,51	0,16
	ML	27	5,16	0,16
DIENTE 38	MV	28	7,46	0,07
	ML	23	5,8	0,15
DIENTE 39	MV	40	3,98	0,16
	ML	41	5,5	0,17
DIENTE 40	MV	19	6,89	0,26
	ML	24	5,6	0,07

SISTEMA MTWO

		PRE-INSTRUMENTACIÓN		T.APICAL
		ÁNGULO (grados)	RADIO (mm)	
DIENTE 1	MV	24	5,17	0,11
	ML	25	5,17	0,08
DIENTE 2	MV	34	6,63	0,24
	ML	25	7,28	0,23
DIENTE 3	MV	31	7,12	0,22
	ML	27	6,06	0,28
DIENTE 4	MV	21	5,97	0,07
	ML	19	6,31	0,21
DIENTE 5	MV	30	7	0,29
	ML	34	5,76	0,28
DIENTE 6	MV	31	5,2	0,25
	ML	28	4,81	0,27
DIENTE 7	MV	26	4,29	0,29
	ML	36	6,19	0,24
DIENTE 8	MV	19	5,48	0,23
	ML	20	6,19	0,27
DIENTE 9	MV	28	5,25	0,2
	ML	25	6,04	0,29
DIENTE 10	MV	20	7,01	0,22
	ML	24	6,97	0,05
DIENTE 11	MV	32	5,93	0,18
	ML	34	6,95	0
DIENTE 12	MV	54	4,34	0
	ML	50	4,81	0,26
DIENTE 13	MV	19	7,64	0,25
	ML	16	7,02	0,27
DIENTE 14	MV	38	5,42	0,18
	ML	29	4,9	0,13
DIENTE 15	MV	23	6,06	0,05
	ML	22	4,91	0,28
DIENTE 16	MV	33	7,53	0,13
	ML	22	7,84	0,09
DIENTE 17	MV	18	7,77	0,1
	ML	50	3,92	0,24
DIENTE 18	MV	46	4,47	0,12
	ML	34	3,08	0,12
DIENTE 19	MV	42	5,9	0,29
	ML	27	4,29	0,19
DIENTE 20	MV	31	4,93	0,3



	ML	24	4,56	0,28
DIENTE 21	MV	24	4,96	0,17
	ML	34	5,06	0
DIENTE 22	MV	26	5,72	0,3
	ML	34	6,52	0,3
DIENTE 23	MV	31	7,18	0,17
	ML	24	5,04	0,21
DIENTE 24	MV	22	5,98	0,29
	ML	22	7,45	0,13
DIENTE 25	MV	18	8,41	0,11
	ML	38	6,25	0,12
DIENTE 26	MV	37	5,96	0,15
	ML	18	7,17	0,18
DIENTE 27	MV	21	7,95	0,12
	ML	13	6,68	0,13
DIENTE 28	MV	17	4,37	0,12
	ML	30	8,21	0,1
DIENTE 29	MV	22	9,34	0,11
	ML	15	6,32	0
DIENTE 30	MV	19	7,3	0,07
	ML	9	8,79	0,07
DIENTE 31	MV	15	8,12	0,06
	ML	22	7,49	0,21
DIENTE 32	MV	16	8	0,15
	ML	28	5,88	0,27
DIENTE 33	MV	17	7,59	0,19
	ML	29	5,5	0,27
DIENTE 34	MV	18	5,63	0,17
	ML	21	6,14	0,22
DIENTE 35	MV	20	7,74	0,16
	ML	35	5,03	0,12
DIENTE 36	MV	34	8,15	0,22
	ML	10	7	0
DIENTE 37	MV	12	7	0
	ML	24	6,14	0,14
DIENTE 38	MV	25	7,77	0,12
	ML	17	5,05	0,12
DIENTE 39	MV	19	6,05	0,19
	ML	24	7,86	0,15
DIENTE 40	MV	20	7,8	0,12
	ML	24	5,17	0,11

### ANEXO 3. RESUMEN ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

---



### RESUMEN ESTADÍSTICO RESULTADOS

Tabla ANOVA para TA según SISTEMA

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,0428272	4	0,0107068	0,83	0,5066
Intra grupos	5,03017	390	0,0128979		
Total (Corr.)	5,073	394			

Tabla ANOVA. Detalle del P Valor del análisis del Transporte apical según el sistema de instrumentación.

Resumen Estadístico para TA

SISTEMA	Frecuencia	Media	Varianza	Desviación típica	Mínimo
FLEXMASTER	80	0,1745	0,00925291	0,0921921	0,0
MTWO	79	0,18658	0,0124997	0,111802	0,0
PROFILE	78	0,174487	0,0963445	0,097846	0,0
RACE	79	0,164835	0,00783729	0,0925285	0,0
TF	79	0,194582	0,0186459	0,11355	0,0
Total	395	0,18	0,0128756	0,113471	0,0

Resumen estadístico. Resumen donde se muestran las medias de transporte apical y la desviación típica de cada sistema.

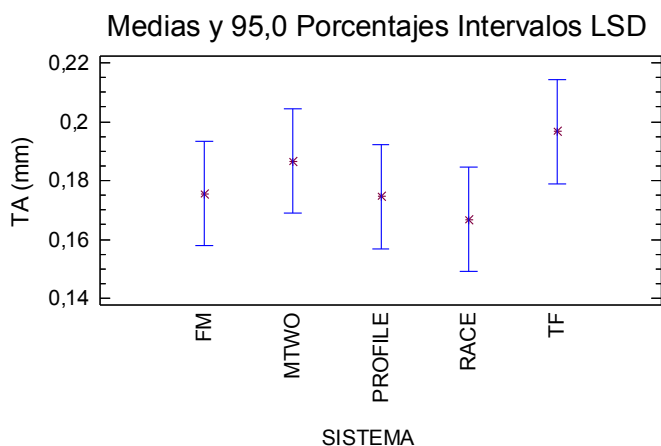


Gráfico de medias. Gráfico donde se muestran las medias de transporte apical de cada uno de los sistemas.



ANEXO 4. CARTAS DE ACEPTACIÓN Y COPIA DE LOS ARTÍCULOS ACEPTADOS EN EL  
JOURNAL OF ENDODONTICS

---



## COMUNICACIÓN DE ACEPTACIÓN DE LOS ARTÍCULOS EN EL JOURNAL OF ENDODONTICS

**Date:** Mar 27, 2012  
**To:** "Miguel Roig" mroig@csc.uic.es  
**From:** "The Journal of Endodontics" JEndodontics@uthscsa.edu  
**Subject:** Acceptance of JOE Manuscript

Ref.: Ms. No. JOE 11-1054R1  
A comparison of apical transportation between ProFile and RaCe rotary instruments

Dear Dr. Roig,

I am pleased to inform you that your manuscript has now been accepted for publication in Journal of Endodontics.

You will soon be contacted by our publisher to review the galley proofs.

Thank you for submitting this manuscript. I look forward to seeing it published soon.

With kind regards,

Ken Hargreaves  
Editor  
Journal of Endodontics

**Date:** Mar 27, 2012  
**To:** "Miguel Roig" mroig@csc.uic.es  
**From:** "The Journal of Endodontics" JEndodontics@uthscsa.edu  
**Subject:** Acceptance of JOE Manuscript

Ref.: Ms. No. JOE 12-124R1  
A comparison of apical transportation between FlexMaster and Twisted Files rotary instruments

Dear Dr. Roig,

I am pleased to inform you that your manuscript has now been accepted for publication in Journal of Endodontics.

You will soon be contacted by our publisher to review the galley proofs.

Thank you for submitting this manuscript. I look forward to seeing it published soon.

With kind regards,

Ken Hargreaves  
Editor  
Journal of Endodontics







Marc Garcia Font <mgarciafont@gmail.com>

---

## Revista Endodencia

---

pepe <19485jps@comb.cat>  
Per a: Marc Garcia Font <mgarciafont@gmail.com>

5 de maig de 2012 20:28

Apreciado Marc García:

Vuestro trabajo ha sido aceptado para su publicación en la revista Endodencia. Para formalizar su aceptación se tendrán que llevar a cabo algunas correcciones y aceptar otras que se han aplicado en el documento que se adjunta en formato de control de cambios (o review). Rogamos trabajen en el mismo y que nos lo devuelvan cuando ya hayan finalizado.

Un cordial saludo,

José Pumarola  
Editor

---

 **Articulo original de Investigación Garcia y cols..doc**  
54K

