



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ODONTOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGÍA CONSERVADORA
AREA DE ENDODONCIA**

**“ESTUDIO COMPARATIVO *IN VITRO* DEL GRADO DE DEFORMACIÓN APICAL Y
TRANSPORTACIÓN DEL CONDUCTO RADICULAR CON CURVATURA APICAL, DE TRES
INSTRUMENTOS ROTATORIOS DE NÍQUEL – TITANIO: HERO SHAPER[®], PROTAPER
UNIVERSAL[®] Y RACE[®]”**

GABRIELA COMPAN CATENACCI

TRABAJO DE INVESTIGACION
REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE
CIRUJANO-DENTISTA

TUTOR PRINCIPAL
PROF. DRA. MARCELA ALCOTA R.

TUTORES ASOCIADOS
PROF. DR. JUAN CARLOS SALINAS C.
DRA. ANA MARÍA PALMA E.

SANTIAGO-CHILE
2007

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 4 |
| MARCO TEORICO | 9 |
| ▪ Sistemas de Instrumentación Mecanizada Níquel-Titanio..... | 9 |
| ▪ Sistema de Instrumentación Mecanizada ProTaper Universal . | 14 |
| ▪ Sistema de Instrumentación Mecanizada Hero Shaper..... | 22 |
| ▪ Sistema de Instrumentación Mecanizada RaCe..... | 28 |
| HIPÓTESIS DE TRABAJO | 34 |
| OBJETIVOS | 34 |
| ▪ Objetivo General | 34 |
| ▪ Objetivos específicos | 34 |
| MATERIAL Y MÉTODO | 35 |
| ▪ Variables | 35 |
| ▪ Selección de dientes | 35 |
| ▪ Evaluación radiográfica | 37 |
| ▪ Procedimiento de instrumentación | 38 |
| ▪ Análisis de la preparación del conducto | 42 |
| RESULTADOS | 45 |
| DISCUSIÓN | 51 |

| | |
|---------------------------|----|
| CONCLUSIONES | 58 |
| RESUMEN | 59 |
| BIBLIOGRAFÍA | 61 |
| ANEXO N° 1 | 69 |
| ANEXO N° 2 | 71 |

INTRODUCCION

La endodoncia es el campo de la odontología que estudia la morfología de la cavidad pulpar, la fisiología y la patología de la pulpa dental, así como la prevención y el tratamiento de las alteraciones pulpares y de sus repercusiones sobre los tejidos periapicales.⁽¹⁾ Día a día surgen nuevos avances en cuanto a fundamentos biológicos, terapéuticos, técnicas y tecnologías endodónticas.

El tratamiento endodóntico comprende tres fases fundamentales. La primera fase de *diagnóstico*, identifica el trastorno que va a tratar y desarrolla el plan de tratamiento. La segunda y más importante, es la preparación o limpieza *y conformación del conducto*, denominada actualmente preparación quimiomecánica, y la última que es la etapa de obturación, la que provee un sellado tridimensional con un material inerte.^(2,3)

Cada fase del tratamiento endodóntico debe realizarse correctamente, con el objetivo de conseguir resultados globales satisfactorios.

La fase de preparación y conformación del conducto conlleva a la utilización de agentes irrigantes e instrumentos endodónticos cuya acción conjunta, permitirá el abordaje, desinfección y conformación de las paredes del conducto para recibir el material de obturación. Para cumplir estos objetivos es necesario tener en cuenta: la morfología del conducto a tratar, los instrumentos

a utilizar para tal efecto y por último la técnica de instrumentación empleada.

La diversidad anatómica presente en el sistema de conductos, especialmente en relación a los amplios rangos de curvaturas, puede llevar a accidentes en la instrumentación como falsas vías, fractura de instrumentos, zip, escalones y transportación, que es una remoción excesiva de dentina en forma irregular de alguna de las paredes del conducto al ser instrumentado, desplazándolo de su posición original.^(1,4) Cuando esto sucede, una porción importante de las paredes del conducto no instrumentado permanece intacta, junto con la creación de un contorno irregular en el corte transversal del conducto.⁽³⁾

Para evitar estos posibles errores y lograr una instrumentación más efectiva, la endodoncia a lo largo de la historia ha investigado e introducido una serie de innovaciones a los instrumentos endodónticos, obteniendo así métodos más rápidos, seguros y eficientes para la preparación y limpieza de los conductos radiculares. En general, estas modificaciones tienen relación con el material de fabricación, diseño de la punta, mayor flexibilidad, longitud de la parte activa y conicidad.⁽⁵⁾

Uno de los más recientes avances es la utilización del Níquel-Titanio (NiTi), esta aleación fue introducida en la confección de limas en 1988 por Walia y col., iniciándose así una nueva era para la endodoncia.^(2,4) Las propiedades

únicas del níquel- titanio han hecho posible el desarrollo de instrumentos rotatorios más seguros.⁽⁶⁾

Los instrumentos más flexibles hechos de níquel-titanio han probado ser efectivos en disminuir las complicaciones en la preparación de conductos curvos.⁽⁷⁾

Es así como los sistemas rotatorios representan la tercera generación en el perfeccionamiento y simplificación de la endodoncia, la utilización de limas rotatorias de níquel-titanio presenta muchas ventajas y permite obtener características muy apropiadas para su utilización en técnicas rotatorias. El material ofrece muchas propiedades en cuanto a flexibilidad, superelasticidad, rotaciones rápidas y repetidas en el tiempo, mayor resistencia a la fractura por torsión y biocompatibilidad, por lo que cada vez su utilización es mayor en la fabricación del instrumental endodóntico.^(8,9,10)

Entre las características de los instrumentos de NiTi destacan, las diversas secciones transversales, presencia de ángulo helicoidal, distancia progresiva entre las láminas cortantes y punta inactiva, permitiendo una menor deformación de los conductos curvos en comparación con las limas manuales.⁽⁸⁾

Desde el punto de vista de la conformación del conducto, estos instrumentos presentan conicidad progresiva, y su introducción ha conducido a grandes avances en eficiencia y en la velocidad de instrumentación del

conducto radicular, incluso en raíces curvas.⁽⁸⁾

Desde su aparición se han desarrollado una gran variedad de instrumentos de Ni-Ti tanto manuales como rotatorios, con el fin de aprovechar las ventajas de esta aleación.

Una de las principales preocupaciones en los sistemas de instrumentación mecanizada, es que durante su utilización no exista transportación del conducto; y que además se realice un ensanchamiento adecuado y eficiente en toda su longitud.⁽³⁾ Al respecto diversos autores han afirmado que la utilización de los instrumentos rotatorios de NiTi es posible de realizar en canales finos y curvos, siendo capaces de preparar un conducto radicular causando poco o ningún grado de transportación a lo largo del eje axial del canal radicular.^(11,12,13)

Por otra parte, al comparar la capacidad de conformación de las limas manuales de acero inoxidable v/s la instrumentación usando sistemas rotatorios de NiTi, se ha determinado que las limas de acero inoxidable debido a su rigidez provocan una deformación de la forma natural de los conductos curvos, ensanchamiento del foramen apical, transportación apical, formación de zip y codos en el tercio medio del conducto, a diferencia de las limas de NiTi, las que debido a su flexibilidad no producen estos problemas.⁽⁴⁾

Durante los últimos siete años de investigación se han realizado múltiples estudios, los cuales demuestran una extensa variedad de resultados, muchos de

ellos contradictorios en cuanto al grado de transportación y deformación del conducto radicular al utilizar los diversos sistemas mecanizados.

Sin embargo, a pesar de todos los estudios realizados y a la literatura disponible en la actualidad, es difícil definir y determinar la existencia de un sistema de instrumentación mecanizada que permita obtener la menor transportación del conducto radicular. Es por este motivo, el interés de comparar experimentalmente los sistemas de instrumentación mecanizada disponibles en el mercado nacional: Hero Shaper[®], ProTaper Universal[®], y RaCe[®], para determinar cual de ellos produce la menor transportación y deformación del conducto radicular.

MARCO TEÓRICO

Sistemas de Instrumentación mecanizada Níquel-Titanio

La endodoncia a lo largo de la historia, ha investigado y evolucionado tratando de obtener métodos más rápidos, seguros y eficientes para la preparación y limpieza de los conductos radiculares, así como también instrumentos mecánicos capaces de reproducir movimientos semejantes a los realizados por un operador al instrumentar, en un tiempo menor o al menos semejante.^(14,15)

Civjan et al., (1975) fueron los primeros en sugerir una nueva aleación metálica constituida por níquel-titanio, aleación NiTi.^(14,15) Esta aleación tiene su origen en el Nitinol (no es la abreviación para Naval Ordnance Laboratory, Silver Spring, Maryland, USA), contiene aproximadamente 56% de níquel, 44% de titanio y algunos restos de C, O, Fe, N y H,⁽¹⁶⁾ ajustándose de manera apropiada para el desarrollo de los instrumentos endodónticos. Hoy en día, ha sido muy investigada por las industrias dedicadas a Endodoncia, debido a sus excelentes propiedades de súperelasticidad, que se refiere a la característica que presentan las aleaciones de volver a su forma original después de haber

sido sometidas a una deformación por carga;^(17,18,19) flexibilidad, resistencia a la torsión, bajo módulo de elasticidad y memoria, por lo que no sufren deformación permanente cuando son usados en conductos severamente curvos. Por lo que es este material, el que impulsa el desarrollo de los sistemas rotatorios en endodoncia.^(14,15)

A partir del inicio de la década de los noventa, las empresas fabricantes de instrumentos comienzan a desarrollar de manera práctica otro tipo de instrumento, semejante a la lima, que pudiera ser eficaz como instrumento rotatorio en los canales radiculares, especialmente los curvos, junto con imitar el movimiento manual, puesto que las características de flexibilidad de esta aleación permitía la introducción de los instrumentos ejecutando una rotación de 360°, incluso en canales curvos. Es así como surge el primer conjunto de instrumentos rotatorios fabricados a partir de la liga: NT Sensor (NT Company USA).⁽²⁰⁾

El desarrollo del Níquel-Titanio (NiTi) como material para la fabricación del instrumental endodóntico permite obtener características muy apropiadas para su utilización en técnicas rotatorias. El material ofrece muchas propiedades en cuanto a flexibilidad, elasticidad, resistencia y biocompatibilidad, por lo que su utilización ha aumentado en la fabricación del instrumental endodóntico.⁽²¹⁾

En la actualidad es ampliamente conocido que los instrumentos manuales poseen una conicidad estandarizada del 2%, por lo que para lograr una conicidad continua en sentidoápico coronal se hacía necesaria la preparación escalonada o Telescópica, o bien la técnica Coronapical, utilizando fresas Gates en conjunto con instrumentos manuales de acero inoxidable, debiendo utilizar un gran número de instrumentos.

Sin embargo hoy, se dispone de un excelente material para la instrumentación de conductos radiculares, el NiTi, que gracias a su mayor flexibilidad permite cambios en el diseño de los instrumentos; así por ejemplo se pasa de una conicidad estandarizada 2%, a diferentes conicidades 2, 4 y 6%. Actualmente destacan algunas consideraciones en cuanto a la diversidad de conicidad disponible para preparar conductos radiculares: la primera, dar una forma más cónica a todo el conducto, en comparación a los resultados obtenidos cuando trabajamos solamente con las limas de conicidad 2%, y la segunda, darle mayor masa al cuerpo del instrumento con el fin de que sea menos frágil y de esta forma disminuir el riesgo de fractura. Esta mayor conicidad tiene el defecto de disminuir la flexibilidad, lo que es compensado por el NiTi.⁽²²⁾

Características de los instrumentos NiTi:

1. Sección transversal triangular convexa, la que determina el área de contacto del instrumento con las paredes del conducto y la cantidad de residuos que remueve el instrumento.
2. Ángulo de corte positivo, presentan una acción de corte superior y un menor riesgo de torsión.
3. Presencia ángulo helicoidal y distancia entre las láminas cortantes. Comparando estas dos características, la acción cortante y la habilidad para remover detritus por parte de los cuchillos es superior y además previene el efecto de “trabamiento”.
4. Punta inactiva, sirve como guía para seguir la curvatura del conducto radicular, lo que permite una menor deformación de los conductos curvos en comparación con las limas manuales.
5. Desde el punto de vista de la conformación del conducto, estos instrumentos presentan conicidades progresivas, lo que es considerado una ventaja, ya que permiten realizar una instrumentación simplificada logrando una forma cónica a diferencia de los instrumentos cilíndricos utilizados con técnicas manuales.⁽²³⁾

Ventajas de los instrumentos rotatorios de NiTi:

1. Súperelasticidad: corresponde a la propiedad presente en los instrumentos de NiTi, permitiendo recuperarse ante distorsiones, rotaciones rápidas y repetidas.
2. Flexibilidad: Esta aleación se caracteriza por su gran flexibilidad en situaciones extremas como lo son los conductos curvos. Por esto es que los instrumentos de NiTi respetan perfectamente el trayecto del conducto radicular.
3. Resistencia a la fractura.
4. Memoria de forma, corresponde a la capacidad que poseen de regresar a su posición original después de haber estado trabajando en un conducto curvo.
5. Capacidad de corte.⁽²⁴⁾

En la industria endodóntica nacional, es destacable la utilización de diversos sistemas de instrumentación mecanizada, por lo cual en el desarrollo de esta investigación se ha seleccionado aquellos más utilizados por los profesionales dedicados a la endodoncia, entre ellos: ProTaper Universal, Hero Shaper y Race.

SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN MECANIZADA PROTAPER UNIVERSAL

Originalmente los instrumentos de Ni-Ti ProTaper fueron desarrollados en el año 2001 por un grupo respetado de endodoncistas: profesor Pierre Machtou, Dr. Clifford Ruddle y el profesor John West, en cooperación con Maillefer⁽²⁵⁾ para facilitar la instrumentación de áreas que presentaban dificultades, constricciones y curvaturas en el conducto radicular. Ellos fueron diseñados para ser capaces de realizar todos los tratamientos con sólo unas pocas limas, las que incorporan, según el fabricante, una flexibilidad superior, incomparable eficiencia y mayor seguridad.⁽¹⁴⁾

Actualmente se han realizado importantes transformaciones en cuanto al diseño, dando origen al nuevo sistema llamado ProTaper Universal. Se le denomina Universal porque tiene variadas aplicaciones, así esta nueva versión no sólo incluye elementos de tratamiento, es decir, de preparación mecánica, sino que se suman instrumentos de retratamiento y finalmente distintos componentes para la obturación de conductos radiculares.^(20,23) Figura Nº 1.

Características:

- Conicidad progresiva
- Punta no agresiva o inactiva
- Sección triangular convexa
- No tiene plano radial

- Presenta tres filos simétricos de conicidad alternada.⁽¹⁰⁾



Figura N° 1 Sistema de instrumentación mecanizada ProTaper Universal

Secuencia de Instrumentación

Todos los instrumentos de este sistema consideran longitudes activas de 21, 25 y 31mm, para que puedan ser utilizados en dientes de diferentes dimensiones y han sido diseñados y asignados para realizar la conformación de las distintas porciones del conducto radicular:

1. Instrumentos para el tercio coronal: Sx, S₁ y S₂

- Sx: Es reconocida por la carencia de anillo de identificación en el mango. Presenta una longitud de 19mm y una conicidad

progresiva ascendente a lo largo de sus 14mm de superficie activa, presentando nueve tipos de conicidades crecientes, siendo el diámetro en la punta (D_0) 0.19mm y en D_{14} 1.20mm.

Se utiliza para la configuración del tercio coronario, eliminando las interferencias que puedan existir, facilitando así el acceso a los instrumentos de tratamiento en el tercio apical.^(26,27) Figura N° 2



Figura N° 2 Lima Sx del sistema de instrumentación mecanizada ProTaper Universal.

- S_1 : Tiene un anillo de identificación color púrpura y una conicidad variable y ascendente a lo largo de sus 14mm de superficie activa, presentando 12 tipos de conicidades crecientes entre D_0 y D_{14} ; siendo de un 2% en apical y de un 11% en la porción coronal. El diámetro inicial de su parte activa es de 0.17mm (D_0) y en D_{14} es de 1.20mm. Se comercializa en longitudes de 21 y 25mm. Está diseñada para preparar principalmente el tercio coronal y medio del conducto radicular.^(26,27) Figura N° 3

- S_2 : Tiene un anillo de identificación color blanco y una conicidad variable ascendente a lo largo de sus 14mm de superficie activa, presentando nueve tipos de conicidades crecientes entre D_0 y D_{14} , que en este caso es de 4% en la porción apical y 11.5% en la porción coronal. El diámetro inicial de su parte activa es de 0.20mm y el D_{14} es de 1.20mm. Se comercializa en longitudes de 21 y 25mm. Está diseñada para conformar el tercio coronario y medio del conducto radicular.^(26,27) Figura N° 3



Figura N°3 Limas S_1 y S_2 del sistema de instrumentación mecanizada ProTaper Universal.

Estos dos últimos instrumentos corresponden a instrumentos de penetración, lo que permite identificarlos como elementos de configuración externa y de poco trabajo en profundidad durante el trabajo en el conducto radicular.⁽²⁶⁾

2. Instrumentos para el tercio medio y apical: F1, F2, F3, F4 y F5, los dos últimos con indicación para conductos más anchos o casos clínicos que requieren preparaciones de mayor diámetro.⁽²²⁾

- F1: Anillo de identificación de color amarillo. El D_0 es de 0.20mm y al igual que todos los instrumentos de conformación apical presenta una conicidad variable pero decreciente (aumenta la flexibilidad) en los 14mm de superficie activa; presentando una conicidad del 7% en la porción apical (D_0) y un 5% en el resto de la superficie activa hasta D_{14} . Figura N° 4

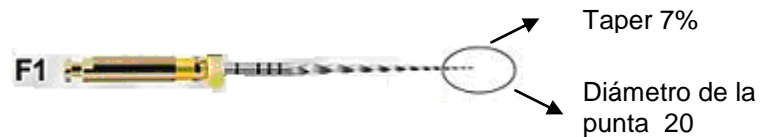


Figura N° 4 Instrumento F1 del sistema de instrumentación mecanizada ProTaper Universal.

- F2: Anillo de identificación de color rojo. Diámetro de la punta (D_0) de 0.25mm. Conicidad del 8% en D_0 y de 5.5% en el resto de la superficie activa. Figura N° 5

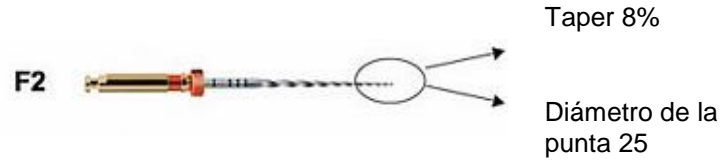


Figura N° 5 Instrumento F2 del sistema de instrumentación mecanizada ProTaper Universal.

- F3: Anillo de identificación azul. Diámetro de la punta (D_0) es de 0.30mm. conicidad del 9% en D_0 y 5% en el resto de la superficie activa. La reducción de la sección mediante surcos a lo largo del extremo activo mejora su flexibilidad debido a la presencia de menor masa. Figura N° 6

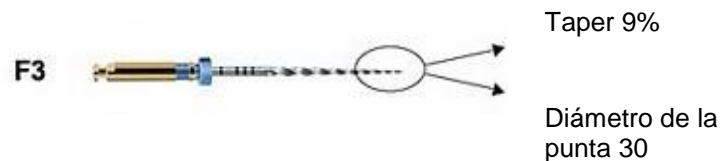


Figura N° 6 Instrumento F3 del sistema de instrumentación mecanizada Protaper Universal.

- F4: Dos anillos de identificación de color negro. Presenta un diámetro en D_0 de 0.40mm. Conicidad en D_1 de 6%. Menor masa que aumenta la flexibilidad y permite un mejor desplazamiento

dentro del conducto. Se indica para conductos con ápices amplios.⁽²⁷⁾ Figura N° 7



Figura N° 7 Instrumento F4 del sistema de instrumentación mecanizada ProTaper Universal

- F5: Dos anillos de identificación de color amarillo. Presenta un diámetro en D_0 de 0.50mm. Conicidad en D_1 de 5%. La presencia de menor masa permite mejorar su característica de flexibilidad y además realizar un mejor desplazamiento dentro de conductos excesivamente amplios.^(26,27,28) Figura N° 8



Figura N° 8 Instrumento F5 del sistema de instrumentación mecanizada ProTaper Universal.

Para un óptimo funcionamiento de estos instrumentos, es necesaria la utilización de un motor con control de torque a una velocidad constante y controlada entre 150 a 350 rpm.⁽²⁷⁾

Recomendaciones del fabricante

- Velocidad lenta y continua de 250 y 300rpm, presentando además control de torque del motor.
- Irrigar conductos tras el uso de cada instrumento.
- Permeabilizar la zona apical con limas manuales de acero inoxidable 0.8 y 10 al 2%.
- No forzar las limas.
- Realizar acceso en línea recta.
- Limpiar frecuentemente los filos del instrumento.
- Eliminar aquellos instrumentos que presenten signos de distorsión.
- Utilizar los instrumentos en forma, secuencia, velocidad y torque adecuado.⁽²⁷⁾
- Se recomienda movimientos corono apicales combinados con apoyo parietal.⁽¹⁷⁾

SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN MECANIZADA HERO SHAPER

Hero Shaper es introducido en el año 2001 por la empresa MICRO-MEGA ® R&D. Corresponde a un sistema de instrumentos de níquel-titanio de segunda generación para la preparación de conductos radiculares mediante rotación continua con limas de conicidad 6% y 4%.^(29,30,31) Las siglas HERO significan “High Elasticity in Rotation” (Alta Elasticidad en la Rotación).⁽³²⁾ Este sistema es desarrollado desde el sistema de instrumentos rotatorios conocido como HERO 642, sin embargo el número de instrumentos es reducido a sólo dos conicidades 4 y 6%. Además la distancia entre los surcos es aumentada en las limas con taper 6%, mientras la longitud de la porción cortante es reducida en las limas con taper 4%. El principal propósito de este nuevo diseño es prevenir el efecto de atornillamiento de los instrumentos en las paredes del conducto.⁽³⁰⁾ Figura N° 9

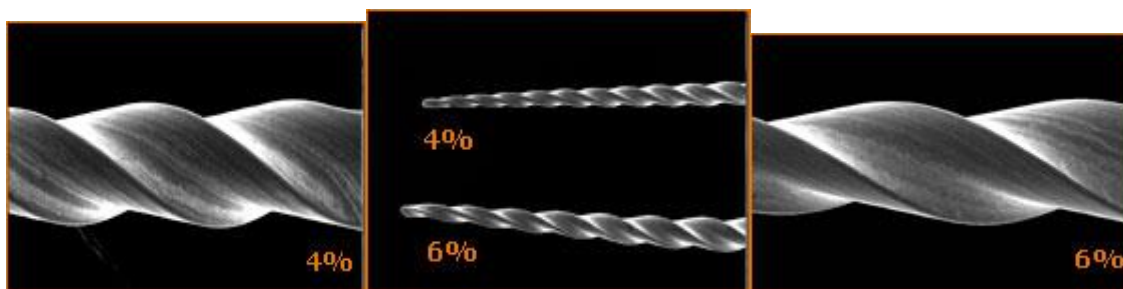


Figura N° 9 Diseño limas del sistema de instrumentación mecanizada Hero Shaper

Hero Shaper ha sido diseñada con una sección transversal de triple hélice, obteniendo así mayor estabilidad dentro del conducto. La clave de las modificaciones de estos instrumentos involucran el pitch y la longitud de la porción cortante, la que varía dependiendo de la conicidad.⁽³³⁾ Presenta además un ángulo helicoidal, el que aumenta gradualmente desde la punta del instrumento a lo largo de la longitud de trabajo. Por otra parte, los bordes metálicos son más cortos, lo que favorece al desarrollo de una mejor habilidad en el sector posterior.^(30,31)

Características

- Sección transversal de triple hélice con un ángulo de corte positivo.
- Punta inactiva y solamente sirve como una guía para mantener el instrumento centrado en el conducto.
- El pitch disminuye progresivamente desde el mango hasta la punta.
- Longitud de la superficie activa es de 16mm.
- La longitud del pitch aumenta la flexibilidad y eficiencia de corte.
- Presenta mayor cantidad de estructura metálica, lo que favorece a obtener una mayor resistencia a la fractura.

Secuencia de instrumentación

La secuencia de Hero Shaper consta de tres instrumentos con diferentes diámetros de punta 20, 25 y 30. Las tres limas están disponibles en dos conicidades del 4 y 6%. Su longitud puede ser de 21 y 25mm para ambas conicidades, y los instrumentos de conicidad 4% también están disponibles en 29mm.

Cada porción del conducto es preparada usando un instrumento específico. La preparación comienza con un instrumento que tiene una conicidad de 6% para ampliar el tercio medio y coronal del conducto. Cuando sea posible, es preferible el uso de instrumentos cortos (21mm de longitud total) en orden, simplificando así el acceso al conducto.⁽³⁴⁾

La secuencia a utilizar se selecciona en función de la dificultad del caso clínico basándose en dos criterios:

1. El diámetro del conducto radicular (amplio o estrecho)
2. Curvatura del conducto radicular (fáciles, moderadas o severas))

La evaluación del caso clínico se realiza previamente utilizando radiografías y después “mas específicamente” explorando el conducto con limas manuales.

Para casos simples se utiliza la serie “azul” utilizando solamente dos

limas #30 con conicidad decreciente, la primera con una conicidad de 6% hasta dos tercios de la longitud de trabajo y la segunda de conicidad 4% hasta la longitud de trabajo. Los conductos con curvaturas pequeñas y suficientemente amplias pueden ser instrumentados con limas K #15 hasta el ápice.^(33,34) Figura N° 10

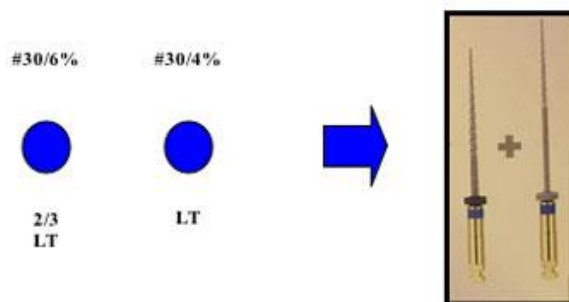


Figura N° 10 *Secuencia de instrumentación mecanizada Hero Shaper para conductos amplios y/o con pequeñas curvaturas.*

Los casos intermedios o con curvaturas moderadas son preparados utilizando la serie “roja”, la que consta de tres limas. La primera lima #25 con conicidades 6% hasta los dos tercios de la longitud de trabajo, seguidamente con la lima #25 conicidad 4% hasta la longitud de trabajo y luego se termina con la lima #30 con conicidad 4% hasta la longitud de trabajo.^(33,34) Figura N° 11

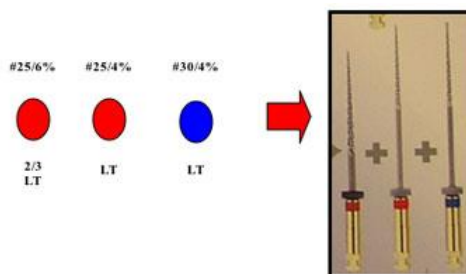


Figura N° 11 Secuencia de instrumentación mecanizada Hero Shaper para conductos con curvaturas moderadas.

Los casos con curvaturas severas son tratados utilizando la serie “amarilla”, la que consiste en cuatro limas. En primer lugar se introduce la lima #20 con conicidad de 6% hasta los dos tercios de la longitud de trabajo, luego la lima #20/4% hasta la longitud de trabajo, para posteriormente continuar con la lima #25/4% hasta la longitud de trabajo y finalmente una lima #30/4% utilizada hasta la longitud de trabajo. ^(33,34) Figura N° 12

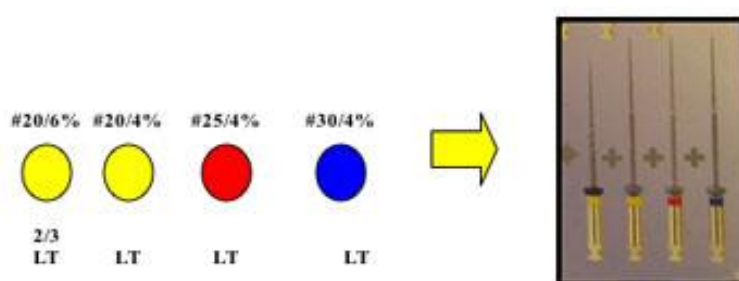


Figura N° 12 Secuencia de instrumentación mecanizada Hero Shaper para conductos con curvaturas severas.

Las series descritas anteriormente deben utilizarse en la secuencia correspondiente (conicidad 6% y luego 4%), sin embargo, si la anatomía del conducto lo permite (curvatura moderada y conducto amplio) el instrumento de conicidad 6% podrá llegar al ápice, no siendo necesario utilizar previamente el instrumento de conicidad 4%.

Cuando la anatomía radicular es compleja es necesaria la recapitulación con limas K #10 entre cada instrumentación con el sistema Hero Shaper.

Todo caso puede ser preparado con una de las secuencias de Hero Shaper, eligiéndolas de acuerdo a su grado de dificultad, pero cuando ocurren dificultades adicionales, se debe hacer una instrumentación específica con el instrumento EndoFlare y HeroApical, que se utiliza para remover las interferencias y facilitar el tratamiento de una manera más eficiente.^(30,33,34)

El sistema Hero Shaper debe ser utilizado con rotación continua. La velocidad de rotación debe mantenerse constante y no exceder las 600 rpm. en el sentido de las agujas del reloj.⁽³⁰⁾

SISTEMA DE INSTRUMENTACION MECANIZADA RACE

Este sistema de instrumentación RaCe “Reamer with Alternating Cutting Edges” (ensanchador con bordes cortantes alternados) se compone de tres elementos, uno para el tercio coronario llamado PRE RaCe, otro para la instrumentación convencional RaCe y finalmente uno específico para la instrumentación apical S-ApeX. Tanto los PRE RaCe como los RaCe presentan el mismo diseño, exceptuando la conicidad y longitud del instrumento.^(35,36)

Este sistema presenta una sección transversal en forma triangular y en algunos casos cuadrangular, con menor convexidad que una lima ProTaper y más parecido a un escariador, resultando unos filos cortantes sin planos de apoyo y tamaño alternado. La presencia de dos secciones diferentes permite aumentar la masa del instrumento en las zonas necesarias y además al presentar ángulos distintos permite tener dos bordes cortantes en la misma lima.⁽³⁷⁾ Figura N° 13

Características según fabricante

- Punta inactiva: asegura una buena guía y un buen centrado en el conducto disminuyendo el riesgo de perforaciones o desvíos.
- Sección transversal triangular: permite una mejor penetración y acción de corte.
- Sección transversal cuadrada en las limas de pequeño calibre: #15 y 20 ambas con conicidad de 2%: de esta forma se aumenta la resistencia a la fractura sin perder flexibilidad por causa de una sección transversal fina.
- Bordes cortantes alternados: previenen el efecto de atornillamiento, bloqueo y disminuye el torque.
- Bordes cortantes filosos: permite obtener mayor eficacia con menos instrumentos.
- Tratamiento electroquímico de la superficie de las limas: acabado más liso, más fácil de limpiar y vida media más larga.
- Conicidades progresivas: 10, 8, 6, 4, 2%: garantiza la flexibilidad y una óptima resistencia de corte, permitiendo al operador elegir el método más apropiado.



Figura N° 13 Sistema mecanizado RaCe con conicidades progresivas.

- Presentan “Safety Memo Disc (SMD)”: facilita contar el número de utilizaciones de cada instrumento y prevenir la fatiga del metal.^(35,38)

Los instrumentos del sistema PRE RaCe se presentan con una longitud constante de 19mm, de los cuales nueve pertenecen a la parte activa y una conicidad del 10% para las limas 40 y 8% para las #35. Las limas RaCe presentan una longitud de 21, 25, 28 y 31mm de los cuales 16 corresponden a la parte activa, una conicidad de 6% en las limas #20, 25, 30,35 y 40; 4% en las limas #25, 30 y 35 y 2% en limas del #15 al 60, todas ellas de sección triangular excepto las limas #15 y 20 del 2% que para darle mayor masa se presentan en sección cuadrangular.^(36,38)

Para distinguir los tamaños presentan un anillo de color en su mango que sigue la nomenclatura ISO y para conocer la conicidad se establecen unos colores específicos para el tope de goma: amarillo para las conicidades 10 y 2%, negro para las 8 y 4% y azul para las 6%. Adicionalmente presenta un tope que es denominado por el fabricante Safety Memo Disc y tiene la función de que su diseño es parecido a la flor de una margarita, la que permite arrancar sus pétalos controlando individualmente el número de usos de cada instrumento, por lo que se logra disminuir al máximo el riesgo de fractura por fatiga del material.⁽³⁶⁾

Secuencia de instrumentación

Propone dos kits de cinco instrumentos cada uno que permiten utilizarlos tanto con la técnica crown-down como step-back diferenciándolos para los conductos fáciles o difíciles:

1. Conductos fáciles: easy RaCe: tercio coronario lima #40/10; tercio medio lima #35/8 y tercio apical con técnica crown-down limas #25/6, #25/4 y #25/2 hasta la longitud de trabajo y para la técnica step-back lima #25/2 (longitud de trabajo), lima #25 /4 (menos 1mm longitud de trabajo), #25/6 (menos 2mm longitud de trabajo).⁽³⁶⁾ Figura N° 14



Figura Nº 14 Kit Easy RaCe para conductos fáciles.

2. Conductos difíciles: Xtrem RaCe: tercio coronario #40/10, tercio medio #35/8 y tercio apical #15/2, #20/2 y #25/2 todos a longitud de trabajo.⁽³⁶⁾

Figura Nº 15



Figura Nº 15 Kit Xtrem RaCe para conductos difíciles.

Actualmente se han desarrollado estudios experimentales con un sin fin de publicaciones, no existiendo consenso respecto al grado de transportación de esta nueva generación de instrumentos endodónticos.

El propósito de este trabajo de investigación es evaluar la transportación del conducto radicular a nivel medio y apical, comparando tres sistemas de instrumentación mecanizada: Protaper Universal, Hero Shaper y RaCe.

HIPOTESIS DE TRABAJO

La instrumentación con técnica mecanizada Hero Shaper produce menor deformación y transportación del conducto radicular que la técnica mecanizada ProTaper Universal y RaCe.

OBJETIVOS

Objetivo General

Comparar el nivel de deformación y transportación del conducto radicular al utilizar tres técnicas de instrumentación mecanizada: ProTaper Universal, Hero Shaper y RaCe.

Objetivos específicos

1. Determinar la forma del conducto previo a la instrumentación mecanizada.
2. Determinar la forma del conducto post instrumentación mecanizada.
3. Determinar para cada uno de los sistemas de rotatorios, la diferencia de grosor dentinario pre y post instrumentación.
4. Comparar el grado de transportación del conducto en el tercio cervical, medio y apical post instrumentación utilizando las tres técnicas de instrumentación mecanizada a través del sistema de Morfometría Lineal.

MATERIAL Y METODO

Este estudio es *in vitro*, experimental, comparativo, transversal, ciego.

Definición operacional: Desde es supuesto teórico de la presencia de desgaste de las paredes dentinarias al realizar cualquier técnica de instrumentación, se definirá transportación del conducto radicular como el cambio en la ubicación espacial de este con respecto a su posición original, produciendo así un desgaste no proporcional de las paredes mesial y distal en relación a la anatomía del conducto.

Variables

1. Variable Independiente
 - Tipo de técnica
2. Variable Dependiente
 - Espesor dentinario

Selección de dientes

Se seleccionó una muestra de 30 conductos radiculares de molares humanos extraídos con los siguientes criterios de inclusión:

1. Conductos de molares superiores
2. Conductos radiculares finos

3. Curvaturas radiculares entre 25 y 35 grados, de acuerdo al coeficiente de curvatura de S. W. Schneider.⁽³⁹⁾
4. Conductos con formación radicular completa.

Ellos fueron mantenidos en una solución de formalina Buffer al 10% hasta su proceso de desinfección y conservación que consistió en:

1. Hervir los molares en un recipiente tapado durante 30 minutos con un volumen suficiente (un litro) de hipoclorito de sodio 50% y agua corriente 50%.
2. Colar los molares una vez hervidos, lavarlos con cepillo y detergente para eliminar los posibles restos de tejidos adheridos.
3. Enjuagar abundantemente y escurrir sobre papel absorbente.
4. Sumergir los molares en solución hidratante (agua oxigenada de 10 volúmenes 50% y glicerina 50%) hasta el momento de ser utilizados.

Los molares fueron trepanados y se seleccionaron los conductos de las raíces vestibulares de los molares superiores. Se seccionaron las raíces palatinas de los molares superiores, para así facilitar la toma radiográfica.

Los criterios de exclusión fueron los siguientes:

1. Molares con raíces fusionadas.
2. Molares con cierre apical y formación radicular incompleta.
3. Molares con caries radicular.
4. Molares con fractura radicular.
5. Molares con conductos radiculares calcificados y/o atrésicos.
6. Molares con tratamiento endodóntico previo.

Evaluación radiográfica

Con el objetivo de estandarizar la toma radiográfica, se confeccionó un aparato en que por un lado se colocó el cono de rayos X de manera que este quedara siempre en la misma posición y a la misma distancia del objeto a radiografiar. Para mantener constante la posición de la película, ésta se colocó sobre una base de cera amarilla. Sobre esta base se colocaron las llaves de silicona, que fueron moldeadas para cada pieza con el objetivo de ubicarlas siempre en la misma angulación y en el sentido de la curvatura con respecto al cono radiográfico y a la película. Para identificar las películas radiográficas correspondiente a cada molar, se colocó en la parte superior izquierda de cada película una lámina metálica con el número que se le asignó a cada pieza dentaria. Las radiografías fueron estandarizadas con un tiempo de exposición

de 0,25 segundos y 60KV.

Además se posicionó una regla de un centímetro en cada una de las radiografías para escalar la muestra. Se tomaron radiografías previas a la instrumentación y posteriores a ella, siempre manteniendo las condiciones radiográficas estandarizadas. Para identificar la evaluación radiográfica posterior a la instrumentación, se realizaron marcas con papel plumado, evitando así errores en etapas posteriores.

Procedimiento de instrumentación

Se formaron tres grupos experimentales de diez conductos cada uno, el grupo número uno se instrumentó mecánicamente con el sistema Hero Shaper, el grupo número dos con el sistema ProTaper Universal y el grupo número tres con el sistema RaCe.

La longitud de trabajo se estableció utilizando una lima K N° 10, la que se introdujo en cada conducto hasta llegar a ras del foramen apical, luego se midió esta distancia y se le restó 1mm.

Los conductos fueron irrigados durante toda la instrumentación con hipoclorito de sodio al 5,25% con un volumen de 1cc antes y después de cada instrumento y la aguja irrigadora se introdujo lo más apical posible, antes de que

ajustara al conducto, es decir, quedando holgada y con apoyo en una sola de las paredes.

La instrumentación mecanizada fue realizada por un solo operador (alumna Gabriela Compan C.), previa permeabilización del conducto con limas manuales K hasta # 10 con conicidad 2%, las que debieron ser previamente precurvadas y medidas de acuerdo a la forma y longitud del conducto, para continuar con la secuencia de instrumentación establecida para conductos de curvatura moderada-severa.

Se utilizó el motor Endo-Mate TC NSK con una velocidad de 250 a 350 rpm. y un torque 2.

Grupos experimentales

Grupo 1: Instrumentación Mecanizada con el sistema Hero Shaper

Se instrumentaron los conductos de acuerdo a las instrucciones del fabricante para conductos de dificultad moderada.

La secuencia de trabajo fue la siguiente:

1. Lima K Flexo-File N^o 10 a longitud clínica real
2. Lima K Flexo-File N^o 10 a longitud de trabajo

3. Lima K Flexo-File N^o 15 a longitud de trabajo
4. Lima Hero Shaper N^o 25 de conicidad 6% a -5mm de la longitud de trabajo
5. Lima Hero Shaper N^o 25 de conicidad 4% a la longitud de trabajo
6. Lima HEROShaper N^o 30 de conicidad 4% a la longitud de trabajo.

Todos los instrumentos mecanizados del sistema Hero Shaper, fueron utilizados realizando movimientos corono apicales combinados con apoyo parietal.

Grupo 2: Instrumentación Mecanizada con el sistema ProTaper Universal

Se instrumentaron los conductos de acuerdo a secuencia establecida para conductos de mediana dificultad.

La secuencia de trabajo fue la siguiente:

1. Lima K Flexo-File N^o 10 a longitud clínica real
2. Lima K Flexo-File N^o 10 a -5mm de la longitud de trabajo
3. Lima K Flexo-File N^o 15 a -5mm de la longitud de trabajo
4. Lima ProTaper Universal S₁ a -5mm de la longitud de trabajo
5. Lima ProTaper Universal S₂ a -5mm de la longitud de trabajo

6. Ocasionalmente se utilizó lima ProTaper Universal Sx
7. Lima K Flexo-File N^o 10 a longitud de trabajo
8. Lima K Flexo-File N^o 15 a longitud de trabajo
9. Lima ProTaper Universal S₁ a longitud de trabajo
10. Lima ProTaper Universal S₂ a longitud de trabajo
11. Lima Protaper Universal F1 a longitud de trabajo
12. Lima ProTaper Universal F2 a longitud de trabajo
13. Lima ProTaper Universal F3 a longitud de trabajo

Todos los instrumentos mecanizados del sistema ProTaper Universal, fueron utilizados realizando movimientos corono apicales combinados con apoyo parietal.

Grupo 3: Instrumentación Mecanizada con el sistema RaCe

Se realizó la instrumentación con instrumentos para conductos fáciles y de moderada complejidad: Easy RaCe

La secuencia de trabajo fue la siguiente:

1. Lima K Flexo-File N^o 10 a longitud clínica real
2. Lima K Flexo-File N^o 10 a longitud de trabajo

3. Lima RaCe PreRace N^o 40 a -5mm de la longitud de trabajo
4. Lima RaCe PreRace N^o 35 a -5mm de la longitud de trabajo
5. Lima RaCe N^o 25 y conicidad 6% a -5mm de la longitud de trabajo
6. Lima RaCe N^o 25 y conicidad 4% a -3mm de la longitud de trabajo
7. Lima RaCe N^o 30 y conicidad 4% a longitud de trabajo

Todos los instrumentos mecanizados del sistema RaCe, fueron utilizados realizando movimientos corono apicales combinados con apoyo parietal.

En los tres grupos intervenidos se utilizó un set de limas por cada 5 conductos instrumentados. Una vez instrumentados los conductos estos fueron radiografiados bajo las mismas condiciones preliminares.

Análisis de la preparación del conducto

Las radiografías fueron digitalizadas en el scanner Duoscan T1200 marca Agfa a una resolución de 1200 dpi, 8 bits, en escala de grises.

Para realizar un estudio de mediciones ciego, en las radiografías

escaneadas se seleccionaron los conductos instrumentados y fueron cortadas con el programa Photo shop v7.0, dándole a cada uno de ellos un número arbitrario entre 1 y 60, para así evitar sesgo en la muestra. Los conductos obtenidos fueron estandarizados de forma que todos los conductos estuvieran siempre en la misma dirección, aquellos que no cumplían con esta regla fueron rotados horizontalmente de manera de poder realizar todas las mediciones bajo idénticas condiciones.

Previo a la realización de las mediciones, se realizó un test de calibración intraobservador para medidas repetidas, con el objetivo de establecer la precisión del registro. Una vez obtenidos los valores se le aplicó el test estadísticos t-test para muestras dependientes.

Una vez obtenida la muestra, los conductos fueron medidos con el método de morfometría lineal, utilizando el sistema computacional para imágenes digitales NIH image J. Para estandarizar la medición, esta fue escalada de acuerdo a la regla metálica presente en las radiografías, la que correspondía a diez milímetros. Las mediciones se realizaron desplegando guías paralelas a 1, 2, 4 y 6 mm del vértice radiográfico del conducto radicular visible, el que en algunas ocasiones coincidía con el vértice radiográfico radicular. Las imágenes fueron analizadas bajo condiciones de ajuste de brillo y contraste, de manera arbitraria, para así determinar claramente los límites

dentenarios pre y post-instrumentación de los conductos radiculares

Por cada radiografía se realizaron un total de 12 mediciones:

- a) Longitud total de la raíz
- b) Longitud de la pared dentinaria cóncava.
- c) Longitud de la pared dentinaria convexa.

Los datos obtenidos fueron expresados en milímetros.

Para realizar el análisis estadístico se utilizó el test no paramétrico Mann Whitney Rank Sun para muestras independientes y el Test de varianza no paramétrico de Kruskal Vallis, con un intervalo de confianza del 95% y un valor $p = 0 < 0.05$

Es importante señalar que durante el procedimiento experimental fueron fracturados dos instrumentos S₁ del sistema ProTaper Universal, por lo que estos conductos debieron ser reemplazados, obteniendo así una muestra final de 30 conductos instrumentados.

RESULTADOS

Los resultados nos permitieron evaluar el desplazamiento de las paredes dentinarias del conducto después de la realización de las técnicas de instrumentación mecanizada. La comparación del desplazamiento evaluado en todos los puntos revela la existencia o no de transportación, y a que pared dentinaria afecta con mayor expresión.

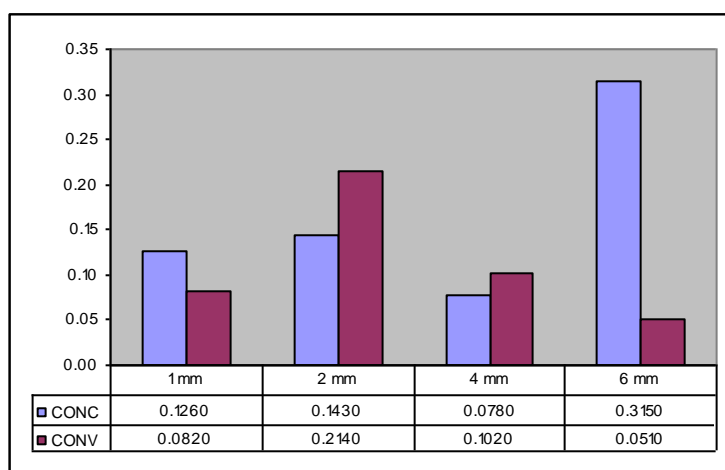
Los resultados del T-test para muestras dependientes realizado con el objeto de establecer la precisión del registro intraobservador, indican que no existen diferencias significativas en el análisis de confianza intraexaminador.

Las mediciones realizadas que permitieron obtener los resultados de la calibración intraobservador están representadas en las tablas presentes en el anexo N° 1.

Se considerará transportación del conducto radicular cuando exista una diferencia de desgaste no homogénea entre las paredes dentinarias correspondiente a 0.4mm o superior en cualquiera de los puntos medidos.

Los resultados del test no paramétrico Mann Whitney Rank Sun para muestras independientes representadas en el grafico N° 1, indican la presencia o ausencia de transportación para la pared cóncava v/s pared convexa a los distintos niveles de observación (1, 2, 4, 6mm) para el sistema de instrumentación mecanizada ProTaper Universal.

Grafico N° 1 Transportación del conducto (pared cóncava v/s pared convexa) utilizando el sistema de Instrumentación Mecanizada ProTaper Universal.

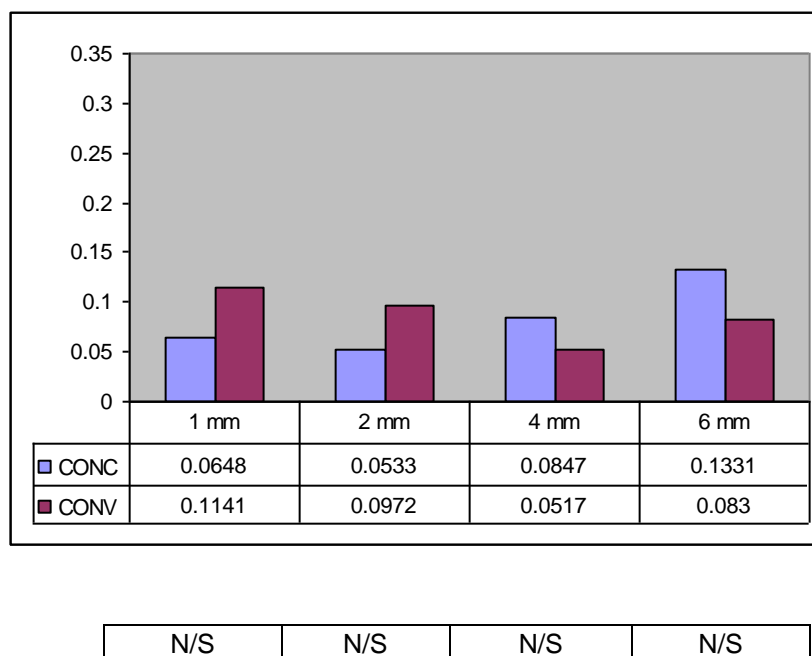


| | | | |
|-----|-----|-----|-------------|
| N/S | N/S | N/S | * p = 0.014 |
|-----|-----|-----|-------------|

Se observa la existencia de transportación hacia la pared cóncava del conducto, presente a los 6mm (desde el vértice del conducto), siendo esto estadísticamente significativo.

Los resultados presentes en el grafico N° 2, indican la presencia o ausencia de transportación para la pared cóncava vs pared convexa a los distintos niveles de observación (1, 2, 4, 6mm) para el sistema de instrumentación mecanizada Hero Shaper, obtenidos mediante el análisis estadístico no paramétrico Mann Whitney Rank Sun para muestras independientes.

Gráfico N° 2 Transportación del conducto (pared cóncava vs pared convexa) utilizando el sistema de Instrumentación Mecanizada Hero Shaper.

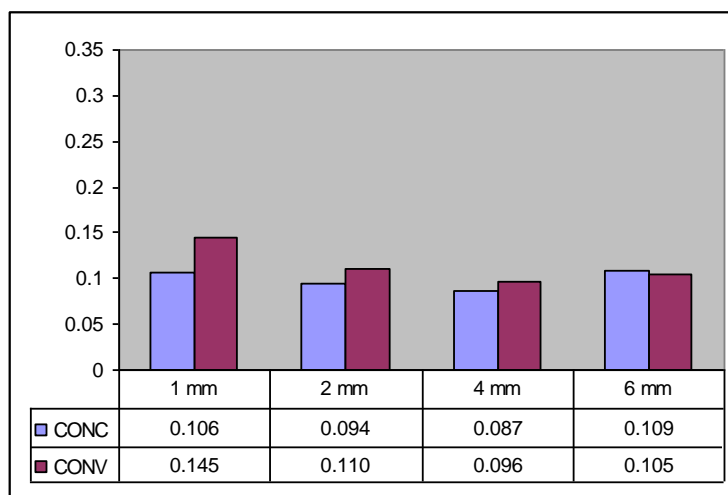


Se observa la ausencia de transportación en el conducto, lo cual indica

que los instrumentos rotatorios Hero Shaper se mantienen centrados en el conducto, pese a que existe un desgaste evidentemente mayor a 1 y 6 mm, esta diferencia no es estadísticamente significativa.

El gráfico N° 3, indica la presencia o ausencia de transportación para la pared cóncava v/s pared convexa, observadas a distintos niveles (1, 2, 4, 6mm) para el Sistema de Instrumentación Mecanizada RaCe, utilizando el análisis estadístico no paramétrico para muestras independientes Mann Whitney Rank Sun.

Gráfico N° 3 *Transportación del conducto (pared cóncava v/s convexa) utilizando el sistema de Instrumentación Mecanizada RaCe.*



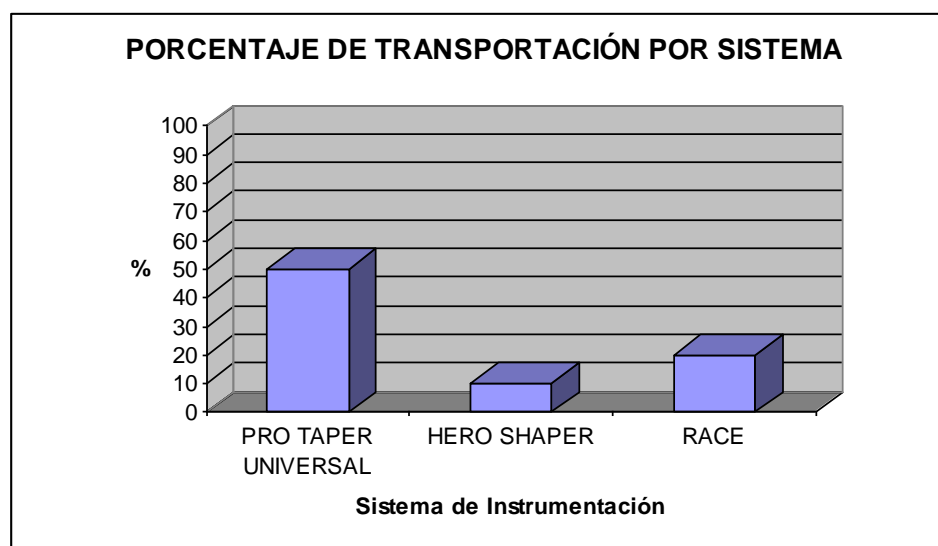
| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| N/S | N/S | N/S | N/S |
|-----|-----|-----|-----|

Es evidente la ausencia de transportación en el conducto, lo cual indica

que los instrumentos RaCe se mantienen centrados en el conducto, respetando la anatomía de la curvatura.

Con el objetivo de determinar cual es el sistema de instrumentación Mecanizada que presenta el mayor porcentaje de transportación presente en cada sistema, se realizó el análisis de varianza no paramétrico para muestras independientes Kruskal Vallis. Los resultados se expresan en el gráfico N° 4.

Gráfico N° 4 Comparación porcentual del número de transportaciones presentes al utilizar los tres sistemas de instrumentación mecanizada ProTaper Universal v/s Hero Shaper v/s RaCe.



P=0.05

Los resultados indican que existe diferencia estadísticamente significativa entre los tres sistemas de instrumentación mecanizada, observando que el sistema que produce el mayor porcentaje de transportaciones es el sistema ProTaper Universal.

Las mediciones realizadas que permitieron obtener los resultados del Sistema de Instrumentación Mecanizada ProTaper Universal, Hero Shaper y RaCe están representadas en las tablas presentes en el anexo N° 2, las cuales muestran el valor promedio del espesor dentinario de la pared cóncava y convexa respectivamente, así como también la desviación estándar de dichos promedios. Además, se muestran las tablas que indican porcentualmente el número de conductos que presentaron transportación en cada sistema de Instrumentación Mecanizada.

DISCUSIÓN

Uno de los objetivos más importantes del tratamiento de conductos radiculares es lograr una adecuada instrumentación de estos, removiendo el tejido pulpar vital y/o necrótico, detritus y eliminando al mismo tiempo la mayor cantidad de microorganismos para proveer el éxito clínico. Es por ello que el desarrollo tecnológico y científico se ha hecho notar especialmente en el desarrollo de técnicas de preparación que cumplan con las metas primordiales de la instrumentación. La aparición de sistemas de instrumentación mecanizada indica toda una revolución en la preparación mecánica de los conductos radiculares, existiendo hoy en día una gran cantidad de métodos e instrumentos que se presentan en el mercado sin que sean correctamente evaluados, por lo que es el endodoncista el que debe tener un criterio basado en la evidencia clínica y científica al momento de aceptar o rechazar un método en particular.

Al introducir la aleación de Níquel-Titanio, y al mismo tiempo los diversos instrumentos para desarrollar las técnicas de instrumentación mecanizada, surge la necesidad de compararlas entre sí, por lo que actualmente en la literatura científica disponible, encontramos una gran diversidad de autores que han llevado a cabo estudios experimentales con un sin fin de publicaciones, sin embargo hasta el día de hoy, no existe un consenso en cuanto al grado de

transportación de esta nueva generación de instrumentos endodónticos.

El objetivo de este estudio fue comparar in vitro el nivel de transportación en conductos con curvaturas entre 25 y 35° (según Schneider) al ser instrumentados por un mismo operador con tres técnicas de instrumentación mecanizada: ProTaper Universal, Hero Shaper y RaCe.

Actualmente no existen estudios previos acerca del tema desarrollado en este trabajo de investigación, puesto que los reportes científicos no han apuntado a la evaluación del grado de transportación de los sistemas ProTaper Universal, Hero Shaper y RaCe en conductos finos y con curvaturas apicales moderadas-severas, sólo en un estudio realizado el año 2006 se comparó tres sistemas de instrumentación mecanizada NiTi: Hero Shaper, ProTaper y RaCe, estableciendo que el sistema ProTaper removía significativamente mayor cantidad de dentina que el sistema Hero Shaper y que el sistema RaCe mostraba una transportación significativamente mayor en los conductos a nivel coronario,⁽⁴⁰⁾ por lo que hasta la fecha no existen estudios que comparen el grado de transportación entre los tres sistemas desarrollados en nuestro estudio.

En la investigación realizada se observó que existen diferencias significativas en cuanto al grado de desgaste de las paredes dentinarias del conducto, cuando ellos son instrumentados con el sistema ProTaper Universal,

encontrando un mayor desgaste de la pared dentinaria cóncava a los 6mm desde el vértice del conducto (tercio medio), lo cual se explica por la presencia de mayor rigidez de los instrumentos y además de presentar un taper variable, lo cual hace difícil el manejo selectivo de los instrumentos según las características anatómicas de los conductos radiculares. Estos resultados coinciden con lo reportado por un estudio recientemente publicado en septiembre del año 2007, el cual afirma que el sistema ProTaper Universal remueve más dentina en el tercio coronal y medio del conducto.^(41,42) Otras investigaciones señalan que la transportación producida por los instrumentos ProTaper Universal puede ser debida al taper progresivo a lo largo de la superficie de corte de estos instrumentos, ya que se demostró que la transportación encontrada fue principalmente producida por el instrumento F3, por lo que su uso debe ser moderado al momento de la preparación de conductos curvos.^(43,44) Por este motivo, diferentes estudios sugieren el uso de sistemas mecanizados combinados con aquellos que presenten mayor flexibilidad para preparar conductos curvos, ya que demostraron que el sistema ProTaper Universal por si solo produce transportación del tercio medio del conducto,⁽⁴⁵⁾ o bien, se sugiere también disminuir la conicidad de los instrumentos, así un instrumento de conicidad 2% es más flexible que un instrumento 30 con conicidad 4 o 6%, lo cual resultaría ideal al momento de realizar la preparación del tercio apical.^(46,47)

Por el contrario, a los resultados obtenidos en nuestro estudio, Guelzow A. y col compararon la preparación del conducto radicular utilizando seis sistemas rotatorios de Niti distintos (FlexMaster, System GT, HERO 642, K3, ProTaper y RaCe), y demostraron que todos mantienen la curvatura del conducto radicular, sin diferencias significativas entre ellos estableciendo además que ProTaper es capaz de mantener conductos radiculares con diámetros más regulares en el tercio coronal, medio y apical del conducto.^(48,45)

Por otra parte, estudios afirman además, la presencia de fracturas en las limas S₁ del sistema de instrumentación durante el procedimiento, las cuales se producen en la mayoría de los casos por defectos torcionales, presentando marcas de abrasión circular a 4.3 +/- 1.9mm de D₀ al ser evaluados estereomicroscópicamente.^(49,50,51,52) Con estos conocimientos podemos inferir que la razón por la cual el tercio apical no se ve afectado, es debido a que el instrumento en la mayoría de los casos no esta en contacto con la zona apical, a diferencia del tercio medio (4mm) y cervical (6mm) del conducto, donde existe un mayor desgaste lo cual coincide generalmente con el inicio o cuerpo de la curvatura.

Estudios que comparan el sistema de instrumentación mecanizada ProTaper Universal vs. Hero Shaper, han demostrado que este último sistema

produce menor transportación y mejor habilidad de centrado en la sección apical, posiblemente debido a su taper reducido y la menor rigidez de los instrumentos cuando estos son comparados con el sistema ProTaper Universal,⁽⁴¹⁾ siendo similar a lo encontrado en nuestro estudio en el que se estableció la ausencia de transportación del conducto al utilizar el sistema de instrumentación mecanizada Hero Shaper. En contraste Javaheri HH. y Javaheri GH,⁽⁵³⁾ indicaron la presencia de transportación hacia la pared convexa de la curvatura en el tercio medio y apical y hacia la pared cóncava en el tercio coronal al utilizar el sistema de Instrumentación Mecanizada Hero Shaper. Además, cabe destacar un estudio comparativo recientemente realizado por Ozgur Uyanik M. et al., quien determinó que el sistema ProTaper remueve significativamente mayor cantidad de dentina que el sistema Hero Shaper.⁽⁴⁰⁾

En relación al sistema de instrumentación mecanizada RaCe nuestros resultados indican una escasa significancia porcentual de transportación durante las observaciones a 1, 2, 4 y 6 mm desde el ápice del conducto, lo que coincide con lo reportado por Schafer E. y Vlassis M., quienes publicaron dos estudios en el año 2004 afirmando que los conductos preparados con instrumentos RaCe conservan y mantienen mejor la centricidad y curvatura original del conducto en comparación con aquellos preparados con limas ProTaper, especialmente en

conductos con curvaturas de 35 grados, ⁽³⁷⁾ así también Schafer et al., reportaron que los conductos radiculares instrumentados con RaCe presentan mayor centrado, en comparación con aquellos preparados con el sistema de Instrumentación Mecanizada ProTaper, ⁽⁵⁵⁾ resultados que también son confirmados por Al-Sudani D. ⁽⁵⁶⁾ y Rangel S. et al. ⁽⁵⁷⁾ En contraste, un estudio publicado por Guelzow et al., demostró que todos los sistemas analizados en su investigación (FlexMater, System Gt, Hero 642, K3, ProTaper y RaCe) mantienen la curvatura del conducto radicular, sin encontrar diferencias significativas entre ellos. Así mismo Paque F. et al., reportó que al comparar la preparación del conducto radicular utilizando instrumentos rotatorios de níquel-titanio RaCe y ProTaper, ambos sistemas respetan la curvatura original del conducto y eran seguros en su utilización, sin embargo la limpieza de los conductos no fue satisfactoria. ⁽⁴⁵⁾

A la luz de nuestros resultados, podemos afirmar que los sistemas rotatorios que permiten realizar una óptima conformación de los conductos finos y con curvaturas de entre 25 y 35 grados, respetando la anatomía de la curvatura, son los sistema de Instrumentación Mecanizada Hero Shaper y RaCe, a diferencia del sistema de instrumentación ProTaper Universal, quién porcentualmente presentó el mayor número de conductos transportados

Desde el punto de vista de la rehabilitación posterior es necesario complementar nuestro estudio realizando mediciones en el tercio coronal de los conductos radiculares, ya que es éste el punto crítico al momento de realizar una desobturación de conducto cuando la rehabilitación es en base a prótesis fija con sistemas perno muñón colado, así como también en técnicas adhesivas.

Desde el punto de vista clínico utilizar técnicas híbridas que complementen los sistemas de instrumentación mecanizada es de gran importancia al momento de realizar preparaciones endodónticas en conductos muy finos y con curvaturas apicales moderadas-severas debido al debilitamiento radicular producido en el tercio medio, lo cual produce un riesgo latente de fracturas en esta zona; razón por la cual es recomendable su uso de acuerdo al caso clínico al que el profesional se vea enfrentado.

Finalmente sería recomendable para estudios similares, aumentar el tamaño de la muestra, puesto que se cree que en algunas ocasiones nuestros resultados pueden no mostrar significancia estadística, debido a que la muestra pudiese ser estadísticamente insuficiente.

CONCLUSIONES

1. Bajo estas condiciones experimentales, la instrumentación con técnica mecanizada Hero Shaper y RaCe, no produce transportación del conducto en forma estadísticamente significativa en ninguno de los puntos medidos, por lo que desde el punto de vista mecánico son los sistemas que presentan mejor comportamiento durante la preparación y conformación del conducto radicular
2. La instrumentación con el sistema mecanizado ProTaper Universal, produce transportación del conducto en forma estadísticamente significativa en el tercio medio de este, observado a los 6mm desde el vértice radiográfico del conducto.
3. Al comparar los tres sistemas de instrumentación, el sistema que porcentualmente presenta el mayor número de transportaciones es el sistema ProTaper Universal.

RESUMEN

Se realizó un estudio *in vitro* con el propósito de comparar el grado de transportación en conductos con curvatura moderada-severa (según W. Schneider), utilizando tres técnicas de instrumentación mecanizada: Hero Shaper, ProTaper Universal y RaCe.

Se seleccionó una muestra de treinta conductos vestibulares de molares humanos superiores con ángulo de curvatura entre 25 y 35 grados, con conductos finos y formación radicular completa, seccionando la raíz palatina para facilitar el estudio radiográfico.

Se tomaron radiografías previas y posteriores a la instrumentación, utilizando un estandarizador para así no alterar las evaluaciones posteriores.

La muestra fue dividida en tres grupos arbitrarios de diez conductos cada uno, los que fueron preparados por los sistemas de instrumentación mecanizada Hero Shaper, ProTaper Universal y Race respectivamente, todos hasta un diámetro #30 a la longitud de trabajo, utilizando el motor Endo-Mate TC NSK con control de torque y velocidad controlada.

Posteriormente las radiografías fueron digitalizadas utilizando el scanner Agfa Duoscan T1200 a una resolución de 1200dpi, 8 bits, en escala de grises, luego mediante el método de morfometría lineal utilizando el sistema

computacional para imágenes digitales NIH image J. se realizaron un total de 12 mediciones, 4 para el ancho total radicular, 4 para la pared cóncava y 4 para la pared convexa, todos a 1, 2, 4 y 6mm respectivamente desde el vértice radiográfico del conducto,

Los datos obtenidos fueron analizados mediante el análisis estadístico no paramétrico Mann Whitney Rank Sun y Kruskal Vallis para muestras independientes.

Los resultados obtenidos indican que el sistema de instrumentación mecanizada ProTaper Universal produce transportación en el tercio medio del conducto (6mm), sin embargo los sistemas de instrumentación mecanizada Hero Shaper y RaCe demostraron ser recomendables desde el punto de vista mecánico en el tercio medio y apical del conducto radicular. Además, el sistema ProTaper Universal es quién porcentualmente produce el mayor número de transportaciones en los conductos radiculares de molares superiores con curvatura radicular moderada-severa.

BIBLIOGRAFIA

1. Soares j., Goldberg F., “Endodoncia Técnica y fundamentos, 1ª edición. Brasil, 2002 Editorial Médica Panamericana.
2. Chang A.W., Cheung G.S., “A comparison of stainless steel and nickel-titanium K-files in curved root canals”. Int Endod J. 29:370-375.1996
3. Herrera De Luna A., Duran J., Guzmán A., “Evaluación de la transportación y ensanchamiento *in vitro* del sistema ProTaper”. Revista de la Asociación Dental Mexicana; 61 (1): 5-13. 2004
4. Goldberg F., Araujo J.A., “Comparison of three instruments in the preparation of curved root canals”. Endod Dent Traumatol. 13: 265-268. Abril 1997.
5. Ahlquist m., et al., “The effectiveness of manual and rotary techniques in the cleaning of root canals: a scanning electron microscopy study”. I. Endod J. 34:533-537. 2001.
6. Ki-Yon K., Spanberg L., Y Cha b., et al., “ Shaping ability of three profile rotary instrumentation techniques in simulated resin root canal”. J Endodon (12): 719-23. 2000.

7. Shuping G., Ustravik D.S., Trope M., "Reduction of intracanal bacteria using Ni-Ti rotary instrumentation and various medications" J endodon; 26 (12). 2000.
8. Veltri M., et al. "A comparative study of EndoFlare Hero Shaper and Mtwo NiTi instruments in the preparation of curved root canals" Int Endod J. 38: 610-616. 2005
9. Leonardo, M.R., De Toledo, R., "Sistemas Rotatorios en endodoncia: Instrumentos de Níquel-Titanio". Editorial Artes Médicas Ltda. 2002.
10. Thompson S.A., "An overview of nickel-titanium-alloys used in dentistry" Int Endod J. (33): 297-310. 2002.
11. Thompson S.A., Dummer, P.M., "Shaping ability of ProFile 04 taper series 29 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals: Part 1". Int Endod J. 30 (1): 1-7. 1997.
12. Thompson S.A., Dummer, P.M., "Shaping ability of ProFile 04 taper series 29 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals: Part 2". Int Endod J. 30 (2): 8-15. 1997
13. Buchanan, L.S., "The standardized taper root canal preparation- Part 2 File selection and safe handpiece-driven file use". Int Endod J. 34: 63-71. 2001.

14. Schaffer E., "Root canal instruments for manual use: a review". *Endod Dent Traumat*; 13: 51-64. 1997.
15. Civjan S., Huget E., "Potential applications of certain nickel-titanium alloys". *J. Dent. Res.* 54 (1). 1995.
16. Catálogo ProFile Maillefer. Dentsply, Maillefer. www.dentsply.com
17. Serene T.P., Adams J.D., Saxena A. "Níquel-titanium instruments. Applications in endodontics" ST. Louis Ishyaku Euroamérica Inc. 1995
18. Andreassen G., Heilman H., Krell D. "Stiffness changes in thermodynamic nitinol with increasing temperature". *Angle Orthod* 55: 120-126. 1995.
19. Lee J.H., Park., Andreassen G.F., Lakes R.S., "Thermomechanical study of Ni-Ti alloys". *J Biomed. Mater. Res* 22: 573-588. 1988.
20. Estrela C., "Endodontia-tratamiento biológicos y mecánicos." 1ª ed. Sao Paulo, Artes Médicas. 1999.
21. Goldberg F., Frajlich S., "ProTaper. nueva alternativa para la instrumentación mecanizada". *Rev. Asoc. Odontol. Argent.* 89 (4): 377-379. 2001.
22. Canalda C., Agudé B., "A comparison of bending and torsional properties of K-files manufactured with different metallic alloys". *Int Endod J.* 29: 185-189. 1996.

23. Veltri M. et al., "A comparative study of EndoFlare-Hero Shaper and Mtwo NiTi instruments in the preparation of curved root canals" *Int Endod J.* 38, 610-616. 2005.
24. Leonardo M., De Toledo R., "Sistemas rotatorios en Endodoncia, instrumentos de níquel-titanio". Editorial Artes médicas Ltda. Brasil. 2002.
25. Clauder T., Bauman M.A., "ProTaper NT system". *Dent Clin N Am* 48: 87-111. 2004.
26. Baumgartner J.C., Cuenin P.R., "Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation". *J. Endod* 18: 605-612. 1992.
27. Clifford J. Ruddle., "The ProTaper Technique" *Endodontic Topics*, 10, 187-190. 2005.
28. Vidal Poméz Flores. "ProTaper Universal" *Canal Abierto* Vol.14: 2-5. 2006.
29. In-Soo J., et al., "Smear layer production by 3 rotary reamers with different cutting blade designs in straight root Canals: A scanning electron microscopio study". *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol Oral Radiol Endod*; 96: 601-607. 2003.
30. Kaptan F. et al., "Comparative evaluation of the preparation efficacies of Hero Shaper and Nitiflex root canal instruments in curved root canals"

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. Nov;100 (5): 636-642. 2005.

31. Tanalp J., Kaptan F., et al., "Quantitative evaluation of the amount of apically extruded debris using 3 different rotary instrumentation systems" Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. Feb;1001 (2):250-257. 2006
32. Schafer, "Shaping Ability of Hero 642 Rotary Nickel Titanium Instruments and Stainless Steel Hand K-Flexofiles in Simulated Curved Root Canals" Oral Surg. 92: 215-220. 2001.
33. Calas Paul., "Hero Shapers: The adapted pitch concept" Endodontics topics. 10, 155-162. 2005.
34. Veltri M. et al., "A comparative study of EndoFlare-Hero Shaper and Mtwo NiTi instruments in the preparation of curved root canals" Int Endod J. 38, 610-616. 2005.
35. RaCe: Un nuevo sistema rotatorio. Canal Abierto Vol.10: 2-3. 2004.
36. Alcapati., et al., "Proposed role of embedded denton chips for the clinical failure of nickel-titanium rotary instruments" J Endod. 30:339-341. 2004.
37. Schafer E. y Vlassis M. "Comparative investigation of two rotary nickel-titanium instruments: ProTaper v/s RaCe. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals" Int Endod J. Apr 37 (4): 229-238. 2004.

38. Facundo C., "Limas RaCe: Secuencia Clínica". *Rev Oper Dent Endod*;5(4). 2005.
39. Schneider Sam. . "A comparison of canal preparations in straight and curved root canals" *Oral Surg.* 32 (2) 271-275. 1971.
40. Ozurg Uyanik M. et al., "Comparative evaluation of three nickel-titanium instrumentation systems in human teeth using computed tomography". *J. Endod.* Jul; 32 (7): 668-671. 2006.
41. Yang GB., et al., "Shaping ability of progressive versus constant taper instruments in curved root canals of extracted teeth". *Int Endod J.* Sep;40(9): 707-714. 2007.
42. Bregmans L., et al., "Progressive versus constant tapered shaft design using NiTi rotary instruments". *Int Endod J.* Apr; 36 (4): 288-295. 2003.
43. Yang G.B., et al., "Shaping ability of progressive versus constant taper instruments in simulated root canals". *Int Endod J.* March; 39: 791-799. 2006.
44. Ounsi HF., et al., "Effect of clinical use on the cyclic fatigue resistance of ProTaper nickel-titanium rotary instruments". *J Endod.* Jun; 33 (6):737-741. 2007.

45. Paque F., Musch U., Hulsmann M., "Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary Ni-Ti instruments" *Int Endod J.* Jan;38 (1): 8-16. 2005
46. Pecora J., Capelli A., "Técnica mecanizada para preparación de los canales radiculares: ProTaper". 2004. www.forp.usp.br
47. West J., "Progressive taper technology: rationale and clinical technique for the new ProTaper Universal System". *Dent Today.* Dec; 25 (12): 64, 66-69. 2006.
48. Guelzow A., et al., "Comparative study of six rotary nickel-titanium system and hand instrumentation for root canal preparation. *Int Endod J.* Oct; 38 (10): 743-752. 2005.
49. Cheung GS., et al., "Defects in ProTaper S1 instruments after clinical use: fractographic examination". *Int Endod J.* Nov; 38 (11):802-809. 2005.
50. Wei X., et al., "Modes of failure of ProTaper nickel-titanium rotary instruments after clinical use". *J Endod Mar;* 33 (3): 276-279. 2007.
51. Peng B., et al., "Defects in ProTaper S1 instruments after clinical use: longitudinal examination". *Int Endod J.* Aug; 38 (8): 550-557.2005.
52. Guilford WL, Lemons JE, Eleazer PD., "A comparison of torque to fracture rotary files with tips bound in simulated curved canal". *J Endod Jun;* 31 (6): 468-470. 2005.

53. Javaheri HH., Javeheri GH., "A comparison of three Ni-Ti rotary instruments in apical transportation" J Endod. Mar;33 (3): 284-286. 2007.
54. Schafer E. y Vlassis M., "Comparative investigation of two rotary nickel-titanium instruments: ProTaper v/s RaCe. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth" Int Endod J. Apr; 37 (4): 239-248. 2004.
55. Al-Sudani D., Al-Sudani S., "A comparison of the canal centering ability of ProFile, K3, and RaCe Nickel-Titanium rotary systems" J. Endod. Dec.; 32 (12): 1198-201. 2006
56. Rangel S. et al., "Shaping ability of RaCe rotary nickel-titanium instruments in simulated root Canals" J. Endod 31:460-463. 2005.

ANEXO N° 1

Tabla N° I Calibración intraobservador

| Día | Pared derecha | Pared Izquierda |
|--------------|---------------|-----------------|
| Día 1 Mañana | 0.057 | 0.07 |
| Día 1 Tarde | 0.054 | 0.068 |
| Día 2 Mañana | 0.057 | 0.066 |
| Día 2 Tarde | 0.052 | 0.071 |
| Día 3 Mañana | 0.054 | 0.071 |
| Día 3 Tarde | 0.053 | 0.068 |
| Día 4 Mañana | 0.051 | 0.065 |
| Día 4 Tarde | 0.052 | 0.07 |
| Día 5 Mañana | 0.055 | 0.069 |
| Día 5 Tarde | 0.057 | 0.067 |

Tabla N° II Análisis estadístico intraoperador para la pared derecha realizado en distintas jornadas. $p > 0.05$

T-test para muestras dependientes

| Derecha Mañana | Derecha tarde |
|----------------|---------------|
| 0.057 | 0.054 |
| 0.057 | 0.052 |
| 0.054 | 0.053 |
| 0.051 | 0.052 |
| 0.055 | 0.057 |

Tabla Nº III Análisis estadístico intraoperador para la pared izquierda realizado en distintas jornadas. $p>0.05$

T-test para muestras dependientes

| Izquierda mañana | Izquierda Tarde |
|------------------|-----------------|
| 0.07 | 0.068 |
| 0.066 | 0.071 |
| 0.071 | 0.068 |
| 0.065 | 0.07 |
| 0.069 | 0.067 |

Tabla Nº IV Análisis estadístico intraoperador para la pared derecha realizado al inicio y final de la calibración. $p>0.05$

T-test para muestras dependientes

| Derecha inicial | Derecha final |
|-----------------|---------------|
| 0.057 | 0.053 |
| 0.054 | 0.051 |
| 0.057 | 0.052 |
| 0.052 | 0.055 |
| 0.054 | 0.057 |

Tabla Nº V Análisis estadístico intraoperador para la pared izquierda realizado al inicio y final de la calibración. $p>0.05$

T-test para muestras dependientes

| Izquierda Inicial | Izquierda Final |
|-------------------|-----------------|
| 0.07 | 0.068 |
| 0.068 | 0.065 |
| 0.066 | 0.07 |
| 0.071 | 0.069 |
| 0.071 | 0.067 |

ANEXO N° 2

Tabla N° VI Resultados de las mediciones a 1mm. Sistema ProTaper Universal.

| | | Pared Cóncava | Pared Cóncava | | Pared Convexa | Pared Convexa | |
|------------|---------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| 1MM | Diente | Pre Instrum | Post Instrum | Diferencia | Pre Instrum | Post Instrum | Diferencia |
| X | 1 | 0.68 | 0.57 | 0.01 | 0.86 | 0.8 | 0.06 |
| X | 2 | 0.72 | 0.37 | 0.05 | 0.84 | 0.82 | 0.02 |
| X | 3 | 0.1 | 0.9 | 0.00 | 0.9 | 0.84 | 0.06 |
| X | 4 | 0.65 | 0.59 | 0.06 | 0.64 | 0.58 | 0.06 |
| X | 5 | 0.59 | 0.38 | 0.21 | 0.83 | 0.79 | 0.04 |
| X | 6 | 0.58 | 0.36 | 0.22 | 0.85 | 0.74 | 0.11 |
| X | 7 | 0.61 | 0.61 | 0 | 0.84 | 0.77 | 0.07 |
| X | 8D | 0.48 | 0.45 | 0.03 | 0.83 | 0.66 | 0.17 |
| X | 8I | 0.49 | 0.4 | 0.09 | 0.98 | 0.85 | 0.13 |
| X | 9 | 0.77 | 0.68 | 0.09 | 0.77 | 0.67 | 0.10 |

| | | | | |
|----------|----------------|--|--|---------------|
| Promedio | 0.12600 | | | 0.0820 |
| DS | 0.10490 | | | 0.0452 |

Tabla N° VII Resultados de las mediciones a 2mm. Sistema ProTaper Universal

| | | Pared Cóncava | Pared Cóncava | | Pared Convexa | Pared Convexa | |
|------------|---------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| 2MM | Diente | Pre Instrum | Post Instrum | Diferencia | Pre Instrum | Post Instrum | Diferencia |
| X | 1 | 0.79 | 0.073 | 0.06 | 0.94 | 0.89 | 0.05 |
| X | 2 | 1.25 | 0.059 | 0.66 | 0.85 | 0.79 | 0.06 |
| X | 3 | 1.33 | 0.132 | 0.01 | 1.2 | 0.98 | 0.22 |
| X | 4 | 0.79 | 0.068 | 0.11 | 0.9 | 0.81 | 0.09 |
| X | 5 | 0.76 | 0.069 | 0.07 | 0.92 | 0.89 | 0.03 |
| X | 6 | 0.87 | 0.055 | 0.32 | 1 | 0.92 | 0.08 |
| X | 7 | 1 | 0.094 | 0.06 | 1.8 | 1.12 | 0.68 |
| X | 8D | 0.69 | 0.067 | 0.02 | 0.83 | 0.76 | 0.07 |
| X | 8I | 0.7 | 0.061 | 0.09 | 0.96 | 0.92 | 0.04 |
| X | 9 | 1.08 | 0.105 | 0.03 | 2 | 1.18 | 0.82 |

| | | | | |
|----------|-------------|--|--|--------------|
| Promedio | 1.43 | | | 0.214 |
| DS | 2.02 | | | 0.289 |

Tabla N° VIII Resultados de las mediciones a 4mm. Sistema ProTaper Universal

| 4MM | Diente | Pared Cóncava | | | Pared Convexa | | |
|-----|--------|---------------|--------------|-------------|---------------|--------------|-------------|
| | | Pre Instrum | Post Instrum | Diferencia | Pre Instrum | Post Instrum | Diferencia |
| X | 1 | 0.78 | 0.74 | 0.04 | 1.17 | 1.09 | 0.08 |
| X | 2 | 0.26 | 0.22 | 0.04 | 0.98 | 0.94 | 0.04 |
| X | 3 | 1.61 | 0.151 | 0.10 | 1.72 | 1.65 | 0.07 |
| X | 4 | 1.14 | 0.104 | 0.10 | 1.25 | 1.23 | 0.02 |
| X | 5 | 1.02 | 0.102 | 0 | 1.09 | 1.04 | 0.05 |
| X | 6 | 1.12 | 0.109 | 0.03 | 1.49 | 1.34 | 0.15 |
| X | 7 | 1.19 | 0.108 | 0.11 | 1.37 | 1.07 | 0.3 |
| X | 8D | 0.87 | 0.058 | 0.29 | 0.89 | 0.78 | 0.11 |
| X | 8I | 0.74 | 0.067 | 0.07 | 0.81 | 0.64 | 0.17 |
| X | 9 | 1.07 | 0.107 | 0 | 1.1 | 1.07 | 0.03 |

| | | | |
|----------|--------------|--|--------------|
| Promedio | 0.078 | | 0.102 |
| DS | 0.085 | | 0.086 |

Tabla N° IX Resultados de las mediciones a 6mm. Sistema ProTaper Universal

| 6MM | Diente | Pared Cóncava | | | Pared Convexa | | |
|-----|--------|---------------|--------------|-------------|---------------|--------------|-------------|
| | | Pre Instrum | Post Instrum | Diferencia | Pre Instrum | Post Instrum | Diferencia |
| X | 1 | 0.9 | 0.69 | 0.21 | 1.43 | 1.39 | 0.04 |
| X | 2 | 1.27 | 0.46 | 0.81 | 1.49 | 1.45 | 0.04 |
| X | 3 | 0.2 | 0.2 | 0 | 1.54 | 1.51 | 0.03 |
| X | 4 | 1.75 | 1.33 | 0.42 | 1.5 | 1.49 | 0.01 |
| X | 5 | 1.24 | 1.18 | 0.06 | 1.33 | 1.21 | 0.12 |
| X | 6 | 1.27 | 1.16 | 0.11 | 1.7 | 1.63 | 0.07 |
| X | 7 | 1.89 | 1.34 | 0.55 | 1.22 | 1.17 | 0.05 |
| X | 8D | 1.36 | 0.8 | 0.56 | 1.16 | 1.12 | 0.04 |
| X | 8I | 0.95 | 0.58 | 0.37 | 1.08 | 0.97 | 0.11 |
| X | 9 | 1.24 | 1.18 | 0.06 | 1.26 | 1.26 | 0 |

| | | | |
|----------|--------------|--|--------------|
| Promedio | 0.315 | | 0.051 |
| DS | 0.270 | | 0.039 |

Tabla N° X Resultados de las mediciones a 1mm. Sistema Hero Shaper.

| | | Pared Cóncava | Pared Cóncava | | Pared Convexa | Pared Convexa | |
|------------|---------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| 1MM | Diente | Pre Instrum | Post Instrum | Diferencia | Pre Instrum | Post Instrum | Diferencia |
| x | 10 | 0.56 | 0.54 | 0.02 | 0.74 | 0.72 | 0.02 |
| x | 11 | 0.7 | 0.67 | 0.03 | 0.6 | 0.44 | 0.03 |
| x | 12 | 0.4 | 0.36 | 0.04 | 0.73 | 0.68 | 0.04 |
| x | 13D | 0.67 | 0.59 | 0.08 | 1.07 | 0.87 | 0.08 |
| x | 13I | 0.65 | 0.555 | 0.095 | 0.77 | 0.6 | 0.095 |
| x | 14 | 0.75 | 0.7 | 0.05 | 0.84 | 0.78 | 0.05 |
| x | 15 | 0.48 | 0.451 | 0.029 | 0.6 | 0.48 | 0.029 |
| x | 16 | 0.614 | 0.45 | 0.164 | 1.1 | 0.919 | 0.164 |
| x | 17 | 0.95 | 0.88 | 0.07 | 0.8 | 0.71 | 0.07 |
| x | 18 | 0.56 | 0.49 | 0.07 | 0.65 | 0.56 | 0.07 |

| | | | | |
|----------|--------------|--|--|--------------|
| Promedio | 0.065 | | | 0.114 |
| DS | 0.043 | | | 0.062 |

Tabla N° XI Resultados de las mediciones a 2mm. Sistema Hero Shaper.

| | | Pared cóncava | Pared cóncava | | Pared Convexa | Pared Convexa | |
|------------|---------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| 2MM | Diente | Pre Instrum | Post Instrum | Diferencia | Pre Instrum | Post Instrum | Diferencia |
| x | 10 | 0.65 | 0.55 | 0.1 | 0.84 | 0.84 | 0 |
| x | 11 | 0.956 | 0.94 | 0.016 | 0.796 | 0.69 | 0.106 |
| x | 12 | 0.6 | 0.59 | 0.01 | 0.87 | 0.769 | 0.101 |
| x | 13D | 0.86 | 0.81 | 0.05 | 1.27 | 0.9 | 0.37 |
| x | 13I | 0.928 | 0.871 | 0.057 | 0.94 | 0.769 | 0.171 |
| x | 14 | 0.96 | 0.83 | 0.13 | 1.14 | 1.01 | 0.13 |
| x | 15 | 0.56 | 0.52 | 0.04 | 0.705 | 0.701 | 0.004 |
| x | 16 | 0.89 | 0.82 | 0.07 | 0.11 | 0.1 | 0.01 |
| x | 17 | 1.01 | 1.01 | 0 | 1.03 | 1.02 | 0.01 |
| x | 18 | 0.86 | 0.8 | 0.06 | 0.73 | 0.66 | 0.07 |

| | | | | |
|----------|--------------|--|--|--------------|
| Promedio | 0.053 | | | 0.097 |
| DS | 0.040 | | | 0.113 |

Tabla N° XII Resultados de las mediciones a 4mm. Sistema Hero Shaper.

| 4MM | Diente | Pared Cóncava | Pared Cóncava | Diferencia | Pared Convexa | Pared Convexa | Diferencia |
|-----|--------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|--------------|
| | | Pre Instrum | Post Instrum | | Pre Instrum | Post Instrum | |
| x | 10 | 1.04 | 0.93 | 0.11 | 1.35 | 1.29 | 0.06 |
| x | 11 | 1.17 | 1.14 | 0.03 | 1.16 | 1.15 | 0.01 |
| x | 12 | 0.79 | 0.77 | 0.02 | 1.21 | 1.18 | 0.03 |
| x | 13D | 1.04 | 1.01 | 0.03 | 1.12 | 1.09 | 0.03 |
| x | 13I | 1.18 | 1.02 | 0.16 | 0.95 | 0.93 | 0.02 |
| x | 14 | 1.25 | 1.22 | 0.03 | 1.38 | 1.19 | 0.19 |
| x | 15 | 0.618 | 0.541 | 0.077 | 0.666 | 0.649 | 0.017 |
| x | 16 | 1.48 | 1.41 | 0.07 | 1.31 | 1.24 | 0.07 |
| x | 17 | 1.34 | 1.12 | 0.22 | 1.53 | 1.48 | 0.05 |
| x | 18 | 0.93 | 0.83 | 0.1 | 1 | 0.96 | 0.04 |

| | | | |
|----------|--------------|--|--------------|
| Promedio | 0.085 | | 0.052 |
| DS | 0.065 | | 0.052 |

Tabla N° XIII Resultados de las mediciones a 6mm. Sistema Hero Shaper.

| 6MM | Diente | Pared Cóncava | Pared Cóncava | Diferencia | Pared Convexa | Pared Convexa | Diferencia |
|-----|--------|---------------|---------------|-------------|---------------|---------------|-------------|
| | | Pre Instrum | Post Instrum | | Pre Instrum | Post Instrum | |
| x | 10 | 1.3 | 1.29 | 0.01 | 1.31 | 1.25 | 0.06 |
| x | 11 | 1.5 | 1.34 | 0.16 | 1.38 | 1.03 | 0.35 |
| x | 12 | 1.01 | 1.01 | 0 | 1.51 | 1.39 | 0.12 |
| x | 13D | 1.27 | 1.13 | 0.14 | 1.29 | 1.24 | 0.05 |
| x | 13I | 1.21 | 1.07 | 0.14 | 0.94 | 0.9 | 0.04 |
| x | 14 | 1.49 | 1.45 | 0.04 | 1.32 | 1.29 | 0.03 |
| x | 15 | 0.83 | 0.64 | 0.19 | 1.05 | 1 | 0.05 |
| x | 16 | 1.73 | 1.6 | 0.13 | 1.6 | 1.55 | 0.05 |
| x | 17 | 1.49 | 1.07 | 0.42 | 1.44 | 1.44 | 0.00 |
| x | 18 | 0.97 | 0.87 | 0.10 | 1.08 | 1 | 0.08 |

| | | | |
|----------|--------------|--|--------------|
| Promedio | 0.133 | | 0.083 |
| DS | 0.120 | | 0.099 |

Tabla N^o XIV Resultados de las mediciones a 1mm. Sistema RaCe.

| | | Pared Cóncava | Pared Cóncava | | Pared Convexa | Pared Convexa | |
|------------|---------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| 1MM | Diente | Pre Instrum | Post Instrum | Diferencia | Pre Instrum | Post Instrum | Diferencia |
| X | 19 | 0.54 | 0.521 | 0.02 | 0.54 | 0.528 | 0.12 |
| X | 20D | 0.73 | 0.69 | 0.03 | 0.56 | 0.54 | 0.02 |
| X | 20I | 0.56 | 0.54 | 0.02 | 0.75 | 0.54 | 0.21 |
| X | 21 | 1.01 | 0.88 | 0.13 | 0.826 | 0.49 | 0.336 |
| X | 22D | 1 | 0.98 | 0.02 | 0.9 | 0.5 | 0.4 |
| X | 22I | 0.727 | 0.6 | 0.012 | 0.726 | 0.725 | 0.001 |
| X | 23 | 0.662 | 0.582 | 0.01 | 0.244 | 0.221 | 0.023 |
| X | 24D | 0.77 | 0.43 | 0.03 | 0.89 | 0.83 | 0.06 |
| X | 24I | 0.49 | 0.39 | 0.01 | 0.73 | 0.62 | 0.11 |
| X | 25D | 0.62 | 0.56 | 0.01 | 0.71 | 0.44 | 0.27 |
| x | 25I | 0.37 | 0.32 | 0.01 | 0.66 | 0.62 | 0.04 |

| | | | | |
|----------|--------------|--|--|--------------|
| Promedio | 0.106 | | | 0.145 |
| DS | 0.095 | | | 0.139 |

Tabla N^o XV Resultados de las mediciones a 2mm. Sistema RaCe.

| | | Pared Cóncava | Pared Cóncava | | Pared Convexa | Pared Convexa | |
|------------|---------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| 2MM | Diente | Pre Instrum | Post Instrum | Diferencia | Pre Instrum | Post Instrum | Diferencia |
| X | 19 | 0.593 | 0.521 | 0.072 | 0.693 | 0.528 | 0.165 |
| X | 20D | 0.78 | 0.7 | 0.08 | 0.62 | 0.59 | 0.03 |
| X | 20I | 0.804 | 0.614 | 0.19 | 0.814 | 0.656 | 0.158 |
| X | 21 | 1.22 | 1.181 | 0.045 | 1.01 | 0.843 | 0.173 |
| X | 22D | 1.026 | 0.99 | 0.036 | 1.01 | 0.88 | 0.139 |
| X | 22I | 1.131 | 1.08 | 0.051 | 0.896 | 0.854 | 0.042 |
| X | 23 | 0.869 | 0.789 | 0.08 | 0.494 | 0.437 | 0.057 |
| X | 24D | 0.85 | 0.76 | 0.09 | 1.08 | 0.97 | 0.11 |
| X | 24I | 0.64 | 0.36 | 0.28 | 0.64 | 0.64 | 0 |
| X | 25D | 0.87 | 0.83 | 0.04 | 0.91 | 0.63 | 0.28 |
| x | 25I | 0.93 | 0.86 | 0.07 | 0.99 | 0.93 | 0.06 |

| | | | | |
|----------|--------------|--|--|--------------|
| Promedio | 0.094 | | | 0.110 |
| DS | 0.075 | | | 0.082 |

Tabla N° XVI Resultados de las mediciones a 4mm. Sistema RaCe.

| 4MM | Diente | Pared Cóncava | Pared Cóncava | Diferencia | Pared Convexa | Pared Convexa | Diferencia |
|-----|--------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|--------------|
| | | Pre Instrum | Post Instrum | | Pre Instrum | Post Instrum | |
| X | 19 | 0.564 | 0.42 | 0.144 | 0.975 | 0.875 | 0.1 |
| X | 20D | 0.76 | 0.69 | 0.07 | 0.96 | 0.88 | 0.08 |
| X | 20I | 1.14 | 1.14 | 0.001 | 0.907 | 0.746 | 0.161 |
| X | 21 | 1.51 | 1.34 | 0.174 | 1.10 | 1.00 | 0.105 |
| X | 22D | 1.05 | 0.97 | 0.089 | 0.904 | 0.83 | 0.074 |
| X | 22I | 1.52 | 1.38 | 0.14 | 1.08 | 1.04 | 0.037 |
| X | 23 | 1.2 | 1.1 | 0.099 | 0.9 | 0.8 | 0.08 |
| X | 24D | 0.129 | 0.124 | 0.005 | 0.141 | 0.132 | 0.009 |
| X | 24I | 0.95 | 0.8 | 0.15 | 0.79 | 0.66 | 0.13 |
| X | 25D | 1.11 | 1.06 | 0.05 | 0.121 | 0.11 | 0.011 |
| x | 25I | 1.08 | 1.04 | 0.04 | 1.09 | 0.82 | 0.27 |

| | | | |
|----------|--------------|--|--------------|
| Promedio | 0.087 | | 0.096 |
| DS | 0.060 | | 0.074 |

Tabla N° XVII Resultados de las mediciones a 6mm. Sistema RaCe

| 6MM | Diente | Pared Cóncava | Pared Cóncava | Diferencia | Pared Convexa | Pared Convexa | Diferencia |
|-----|--------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|-------------|
| | | Pre Instrum | Post Instrum | | Pre Instrum | Post Instrum | |
| X | 19 | 0.599 | 0.538 | 0.061 | 1.09 | 1.06 | 0.03 |
| X | 20D | 0.85 | 0.78 | 0.07 | 1.01 | 0.93 | 0.08 |
| X | 20I | 1.3 | 1.27 | 0.026 | 0.9 | 0.836 | 0.64 |
| X | 21 | 1.60 | 1.44 | 0.162 | 0.1.15 | 1.15 | 0 |
| X | 22D | 1.23 | 0.85 | 0.389 | 0.864 | 0.8 | 0.06 |
| X | 22I | 1.51 | 1.41 | 0.097 | 1.1 | 1.01 | 0.09 |
| X | 23 | 1.36 | 1.28 | 0.075 | 1.03 | 1 | 0.03 |
| X | 24D | 0.21 | 0.158 | 0.052 | 0.16 | 0.15 | 0.01 |
| X | 24I | 0.86 | 0.59 | 0.27 | 1.03 | 1 | 0.03 |
| X | 25D | 1.25 | 1.25 | 0 | 1.29 | 1.15 | 0.14 |
| x | 25I | 1.1 | 1.1 | 0 | 0.66 | 0.62 | 0.04 |

| | | | |
|----------|--------------|--|--------------|
| Promedio | 0.109 | | 0.105 |
| DS | 0.121 | | 0.182 |

Tabla N° XVIII Diferencias de desgaste por pared dentinaria: Pared cóncava vs.

convexa a 1, 2, 4 y 6mm desde el vértice radiográfico del conducto. Sistema de instrumentación mecanizada ProTaper Universal.

Test de Mann Whitney Rank Sun

| DIF DESGASTE | Pared Cóncava | Pared Convexa | Test |
|--------------|---------------|---------------|-----------|
| 1 mm | 0.126 | 0.082 | Ns |
| 2 mm | 0.143 | 0.214 | Ns |
| 4 mm | 0.078 | 0.102 | Ns |
| 6 mm | 0.315 | 0.051 | p = 0.014 |

Tabla Nº XIX *Diferencias de desgaste por pared dentinaria: Pared cóncava vs. convexa a 1, 2, 4 y 6mm desde el vértice radiográfico del conducto. Sistema de instrumentación mecanizada Hero Shaper.*

Test de Mann Whitney Rank Sun

| DIF DESGASTE | Pared Cóncava | Pared Convexa | Test |
|--------------|---------------|---------------|------|
| 1 mm | 0.065 | 0.11 | Ns |
| 2 mm | 0.053 | 0.097 | Ns |
| 4 mm | 0.085 | 0.051 | Ns |
| 6 mm | 0.133 | 0.083 | Ns |

Tabla Nº XX *Diferencias de desgaste por pared dentinaria: Pared cóncava vs. convexa a 1, 2, 4 y 6mm desde el vértice radiográfico del conducto. Sistema de instrumentación mecanizada RaCe.*

Test de Mann Whitney Rank Sun

| DIF DESGASTE | Pared Cóncava | Pared Convexa | Test |
|--------------|---------------|---------------|------|
| 1 mm | 0.106 | 0.14 | Ns |
| 2 mm | 0.09 | 0.11 | Ns |
| 4 mm | 0.09 | 0.10 | Ns |
| 6 mm | 0.11 | 0.10 | Ns |

Tabla Nº XXI Conductos transportados en el Sistema de Instrumentación Mecanizada ProTaper Universal a 1, 2, 4 y 6 mm desde el vértice radiográfico del conducto.

| Diente PRO TAPER | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8D | 8I | 9 |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1MM | 0.1 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.0 |
| 2MM | 0.0 | 0.6 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.6 | 0.1 | 0.1 | 0.8 |
| 4MM | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.0 |
| 6MM | 0.2 | 0.8 | 0.0 | 0.4 | 0.1 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.3 | 0.1 |

50% de conductos transportados

Tabla Nº XXII Conductos transportados en el Sistema de Instrumentación Mecanizada Hero Shaper a 1, 2, 4 y 6 mm desde el vértice radiográfico del conducto.

| Diente HERO SHAPER | 10 | 11 | 12 | 13D | 13I | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1MM | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2MM | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 |
| 4MM | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.0 | 0.2 | 0.1 |
| 6MM | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.0 |

10% de conductos transportados

Tabla Nº XXIII Conductos transportados en el Sistema de Instrumentación Mecanizada RaCe a 1, 2, 4 y 6 mm desde el vértice radiográfico del conducto.

| Diente RACE | 19 | 20D | 20I | 21 | 22D | 22I | 23 | 24D | 24I | 25D |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1MM | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.0 | 0.2 |
| 2MM | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.2 |
| 4MM | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 6MM | 0.0 | 0.0 | 0.6 | 0.2 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 |

20% de conductos transportados