



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGÍA CONSERVADORA
ÁREA DE ENDODONCIA

ESTUDIO DE LA TRANSPORTACIÓN DEL CANAL RADICULAR A TRAVÉS DE
TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CONE BEAM, UTILIZANDO TRES SISTEMAS
DE INSTRUMENTACIÓN ROTATORIA.

DANIELA FERNANDA SALAZAR LINFATI

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
CIRUJANO-DENTISTA

TUTOR PRINCIPAL:
PROF. DRA. MARCELA ALCOTA R.

TUTORES ASOCIADOS:
PROF. DRA. CARMEN LUCÍA GUZMAN Z.
PROF. DR. FERMÍN GONZÁLEZ B.

SANTIAGO – CHILE

2012

Dedicado a mis padres quienes me enseñaron a ser lo que soy ahora.

Gracias a ustedes he logrado mis metas, gracias a su apoyo y amor.

Los quiero demasiado.

AGRADECIMIENTOS

- A la Dra. Marcela Alcota por acogerme, guiarme y apoyarme en este trabajo de investigación, gracias por todas sus enseñanzas y por su gran disposición con el desarrollo de éste.
- A la Dra. Carmen Lucía Guzmán, por toda su paciencia y su colaboración en el proyecto.
- Al Dr. Fermín González por su colaboración en la parte estadística y sus acertadas correcciones.
- A Alejandro Nerach por su valiosa ayuda y constante apoyo en el desarrollo del proyecto. Muchas gracias.
- A mis padres, por la paciencia, apoyo y amor durante todos estos años de estudio.
- A mi hermano Javier por su cariño y ayuda.
- A la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile y sus docentes, por la excelente formación académica que me brindó, la que me permitirá poder desempeñarme de manera eficiente y eficaz en el mundo laboral.
- A toda mi familia, que siempre han creído en mí y me han apoyado a lo largo de toda la carrera.
- A mi querida Bárbara F. por ser la mejor amiga y siempre acompañarme en los momentos difíciles durante este período.
- A mis amigas Paulina S., Carolina S. Cecilia L., Fernanda C., Tannia V., Daniela V., Pamela R., Ma. Jesús R., Nicole C. por todos los buenos momentos que pasamos en la facultad, por sus ayudas durante la carrera y durante el proyecto de investigación.
- A mis amigos Jaime G., Gerhart W. y Matías S., por su cooperación y por siempre subirme el ánimo.
- Gracias a todas las personas que han influido y ayudado a alcanzar esta meta.

ÍNDICE

RESUMEN	pág. 1
INTRODUCCIÓN	pág. 3
ASPECTOS TEÓRICOS	pág. 6
- Aleación Níquel Titanio en Endodoncia	pág. 6
- Sistemas de instrumentación rotatoria de NiTi	pág. 7
- Sistema de instrumentación rotatoria ProTaper Universal	pág. 9
- Sistema de instrumentación rotatoria RaCe	pág. 12
- Sistema de instrumentación rotatoria K3	pág. 16
HIPÓTESIS DE TRABAJO	pág. 20
OBJETIVOS	pág. 21
- General	pág. 21
- Específicos	pág. 21
MATERIAL Y MÉTODOS	pág. 22
- Selección de la muestra	pág. 22
- Preparación de la muestra	pág. 23
- Análisis de la preparación del conducto	pág. 29
RESULTADOS	pág. 33
DISCUSIÓN	pág. 38
CONCLUSIONES	pág. 43
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	pág. 44

RESUMEN

En la preparación del sistema de conductos radiculares se debe lograr una conformación progresivamente cónica desde apical hacia coronal, sin generar accidentes de procedimiento. Se define como transportación al cambio de ubicación espacial del canal radicular con respecto a su ubicación original, produciéndose así un desgaste no proporcional de alguna de las paredes dentinaria en relación con la anatomía original de este. Durante la última década, se han fabricado nuevos instrumentos endodónticos rotatorios en base a Níquel-Titanio (NiTi), lo que provee una mayor flexibilidad y resistencia a la fractura, disminuye el tiempo de trabajo y la fatiga del operador, facilitando así la conformación adecuada del canal y reduciendo accidentes durante los procedimientos.

El propósito de este estudio fue comparar experimentalmente el grado de transportación del tercio medio y apical del canal radicular, utilizando tres sistemas de instrumentación rotatoria: ProTaper Universal, RaCe y K3.

Se realizó un estudio *in vitro*, de 45 canales radiculares humanos superiores e inferiores con curvaturas moderadas a severas, seleccionados a través de radiografías periapicales. Se formaron 3 grupos de 15 conductos que fueron preparados con los sistemas de instrumentación rotatoria antes mencionados.

Se utilizó tecnología Cone Beam para registro de imágenes previas y posteriores a la instrumentación, las que se tomaron a través de rodetes de silicona conformando una arcada dentaria con la idea de ser un montaje reproducible postinstrumentación. Se realizaron mediciones en los cortes tomados a los 2, 4, 6, y 8 mm desde el ápice por canal instrumentado, en cada corte se realizaron 4 mediciones, pared vestibular, lingual, furca y cara libre.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante test Wilcoxon para muestras pareadas y el test ANOVA.

Los resultados indican que el sistema ProTaper Universal produce mayor transportación del canal radicular a nivel del tercio medio en comparación con los sistemas RaCe y K3. Además el sistema K3 mostró un desgaste más conservador a los 2, 4 y 6 mm de instrumentación de los canales radiculares haciéndolo recomendable para instrumentación de canales finos y curvos.

INTRODUCCIÓN

La Endodoncia se define como el área de la Odontología que estudia la morfología de la cavidad pulpar, fisiología y patología de la pulpa dental, así como la prevención y tratamiento de las alteraciones pulpares y de sus repercusiones sobre los tejidos periapicales⁽¹⁾. Durante la terapia endodóntica se utilizan distintos tipos de instrumentos como limas manuales de acero inoxidable, limas manuales de NiTi e instrumentos rotatorios, con el fin de preparar y conformar el canal radicular para su posterior obturación.

Los instrumentos utilizados en la preparación quimiomecánica (PQM) poseen dos características en cuanto a su morfología, el *tip* y el *taper*. Tip representa el diámetro en la punta del instrumento y es representado por un número (número ISO) que es estandarizado para todos los instrumentos⁽¹⁾. A cada número se le asocia un color para fácil reconocimiento de los instrumentos. Taper o conicidad del instrumento es el aumento del diámetro en los instrumentos por cada milímetro de longitud, se mide desde la punta hacia el mango.

La estabilidad dentaria puede verse afectada por los procedimientos de instrumentación de los canales radiculares, ya que un desgaste excesivo influiría de manera directa sobre la estabilidad de la raíz y por ende en la sobrevivencia del diente. Existen estudios que relacionan el efecto de la preparación coronaria y el tratamiento endodóntico sobre la estabilidad del diente, demostrándose una disminución de ésta sólo en un 5% al preparar de manera conservadora la cavidad de acceso, y en un 20% cuando se involucraban los rebordes marginales (preparación de cavidades MOD)⁽²⁾. En otra investigación, Lang encontró que la preparación de la cavidad de acceso y la preparación para anclaje de postes provocan una disminución significativa de la resistencia del diente, en cambio en la etapa de instrumentación del canal radicular, sin alteración extensa de los límites de éste, no se produce una disminución significativa. Por lo tanto, preparaciones más conservadoras resultan en alteraciones menores, siempre y cuando la geometría del canal sea preservada⁽³⁾.

Por otra parte, durante la preparación quimiomecánica del canal radicular pueden ocurrir accidentes de procedimientos como los bloqueos o taponamientos, escalones, perforaciones, fractura de instrumentos y transportación del conducto radicular. Se define transportación como la remoción excesiva de dentina, en forma irregular, de algunas de las paredes del canal, desplazándolo de su posición original y modificando su geometría natural⁽⁴⁾.

Para evitar la ocurrencia de este fenómeno se ha trabajado en el desarrollo de técnicas e instrumentos utilizando una aleación de Níquel-Titanio (NiTi) en la confección de limas, lo que las hace más flexibles que las limas clásicas de acero inoxidable y más resistentes a la fractura. Algunas de las ventajas son que mejora la entrada a los conductos, disminuye los escalones y la transportación, menos probabilidad de rotura, acelera la instrumentación, disminuye la tensión en las paredes de los conductos durante la obturación⁽⁵⁾, menor esfuerzo del operador, menos posibilidad de taponamiento apical, mejor remoción de detritus y una obturación más simple del conducto con técnicas termoplásticas⁽⁶⁾.

Chen y Messer, compararon la capacidad de conformación de las limas manuales, de acero inoxidable, versus la instrumentación usando sistemas rotatorios de NiTi. Concluyeron que las limas de acero inoxidable, debido a su rigidez, provocan una deformación de la forma natural de los canales curvos, ensanchamiento del foramen apical, transportación apical, formación de zip y codos del tercio medio del canal, a diferencia de las limas de NiTi⁽⁷⁾.

Los canales curvos fueron definidos por Schneider en el año 1971 como el ángulo formado por la proyección del eje dentario y la tangente del ápice radicular, según el ángulo se clasifican en tres categorías: leve (5° ó menos), moderada (entre 10° y 20°) y severa (27° a 70°)⁽⁸⁾.

De los sistemas de instrumentación mecanizada disponibles en el mercado nacional, en este estudio se utilizarán tres: ProTaper Universal, RaCe y K3.

Javaheri y Javaheri recomiendan el uso de limas ProTaper en combinación con otros sistemas de instrumentación mecanizada más flexibles y con menos taper, como RaCe en canales curvos⁽⁹⁾, en cambio Yoshimine y Akamine descartan el uso de ProTaper, ya que causa gran ensanchamiento del canal radicular en comparación con otros sistemas más flexibles como son K3 y RaCe, además concluyeron que ProTaper muestra una tendencia a conformar escalones y zip al final de las preparaciones, probablemente, debido al gran taper de este instrumento⁽¹⁰⁾.

En un estudio realizado el año 2006, donde se comparan 3 sistemas de instrumentación mecanizada, el sistema RaCe muestra menor transportación de conducto en comparación con el sistema K3⁽¹¹⁾.

En 2005, se realizó un estudio donde los resultados son controversiales ya que muestra que el desgaste producido por K3 es significativamente mayor que el producido por ProTaper Universal a nivel del tercio medio; mientras que a nivel apical el sistema ProTaper muestra una mayor modificación del ángulo de la curvatura de las raíces en comparación a K3. Los dos sistemas anteriores no mostraron diferencias significativas en la transportación final del conducto⁽¹²⁾.

Más recientemente, en 2009, se realizó un estudio donde se comparan los tres sistemas de instrumentación mecanizada, el cual no muestra diferencias significativas en la transportación del tercio apical de molares cuando se utilizaban estos sistemas de instrumentación⁽¹³⁾.

Debido a estos controversiales resultados nace la necesidad de realizar este estudio, donde el propósito será comparar *in vitro* el grado de transportación del tercio medio radicular y zona apical de estos tres sistemas de instrumentación, mediante el análisis de imágenes obtenidas con Tomografía Computarizada Cone Beam, que según la evidencia publicada permite la visualización del canal antes, durante y después de la preparación biomecánica, entregando una reproducción del diente en tres dimensiones⁽¹⁴⁾.

ASPECTOS TEÓRICOS

ALEACIÓN DE NÍQUEL TITANIO EN ENDODONCIA

Nitinol (Nickel – Titanium Naval Ordnance Laboratory)⁽¹⁵⁾ es una aleación de Níquel y Titanio que fue descubierta por William J. Buchler en 1963⁽¹⁷⁾, un trabajador del Laboratorio de Marina de los Estados Unidos, compuesta por un 55% de Níquel y 45% de Titanio, tiene la propiedad de tener memoria de forma o SMA (Shape Memory Alloy) además de tener una alta elasticidad y resistente a la corrosión.

Este compuesto comenzó a ser utilizado en Odontología para la fabricación de alambres de ortodoncia por Andreasen y Hilleman⁽¹⁶⁾ en el año 1971, y posteriormente Walia, Brantly y Gerstein⁽¹⁷⁾ refirieron el uso de este material para la confección de limas endodónticas manuales en la década de los 80'. Los resultados de sus pruebas mecánicas mostraron que las limas de Nitinol tenían dos o tres veces la flexibilidad elástica de las limas de acero inoxidable, a la vez que una superior resistencia a la fractura por torsión horaria y antihoraria. Estos resultados sugirieron que las limas endodónticas de Nitinol podrían ser especialmente útiles para la preparación de conductos radiculares curvos.

SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN ROTATORIA DE NiTi

Los sistemas rotatorios constituyen la tercera generación en el perfeccionamiento y simplificación de la Endodoncia, estos constituyen una verdadera “revolución en la técnica endodóntica”, pues permiten al profesional realizar un tratamiento del conducto radicular de manera más eficaz que la que se hacía en el pasado⁽¹⁸⁾.

La utilización de Nitinol permitió la introducción de instrumentos en canales radiculares curvos ejecutando una rotación en 360° gracias a su gran flexibilidad, es así como aparece el primer sistema de instrumentación rotatoria, el NT Sensor (NT Company, EE.UU.)⁽¹⁸⁾.

Posteriormente se lanzan al mercado otros sistemas como Lightspeed (Lightspeed Technology Inc., EE.UU.), ProFile 0.04 (Maillefer – Dentsply, EE.UU.), Quantec (Tycom Inc., EE.UU.) y Pow – R (Moyco Union Broach, EE.UU.)⁽¹⁸⁾.

Estas limas cuando se encuentran en rotación transforma su fase cristalina de austenita a martensita, propia de aleaciones superelásticas, las cuales son susceptibles a la fractura o a la deformación. Esta fractura puede ser por torsión o por fatiga de flexión, por lo que se debe poner cuidado a no sobreutilizar los instrumentos⁽¹⁶⁾.

Características de los instrumentos de NiTi⁽¹⁶⁾:

La conicidad o taper representa la medida de aumento de diámetro de la parte activa de la lima. Los instrumentos rotatorios presentan un taper diferente a lo largo de su parte activa, a diferencia de las manuales que presentan taper constante, esto ayuda al instrumento rotatorio a que sólo una porción de la parte activa esté en contacto con la pared dentinaria, lo que produce un desgaste más efectivo del conducto con un menor riesgo de fractura del instrumento.

Los instrumentos rotatorios tienen una superficie radial (*Radial Land*) que hace que el instrumento contacte con la pared del canal en un plano que impide que éste se trabe en el conducto cuando se presiona el mismo hacia el ápice lo que hace que el instrumento se deslice produciendo ensanchamiento y reduce el riesgo de fractura del instrumento. Esto hace que el ángulo de corte del instrumento sea levemente negativo, haciendo que el desgaste no sea tan intenso.

El ángulo helicoidal del instrumento se mide en relación al con la línea transversal del eje largo del mismo, la mayoría de los instrumentos tienen un ángulo de 35°.

La punta de los instrumentos es inactiva para no formar falsas vías o escalones en la preparación de conducto, sin embargo existen algunos con punta activa para casos en los que existan calcificaciones o conductos muy atrésicos. A lo largo del instrumento existen ranuras que actúan con áreas de escape para la limalla dentinaria resultante de la instrumentación.

Ventajas de los instrumentos rotatorios de NiTi:

Flexibilidad, principal ventaja dada por el material con que están fabricados, lo que le confiere al instrumento de NiTi seguir la forma del conducto perfectamente y súperelasticidad, que le permite al instrumento retornar a su forma original después de librarse de la fuerza que lo deformaba^(16, 19).

Mayor resistencia a la fractura y corrosión.

Menor tiempo de trabajo por lo tanto mejor fatiga del operador

Reducción de accidentes en la instrumentación como escalones, transportes apicales y perforaciones⁽¹⁹⁾.

SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN ROTATORIA PROTAPER UNIVERSAL

ProTaper (Progressive Taper) (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) es un sistema de instrumentación de NiTi diseñada por Clifford Ruddle, Pierre Machtou y John West que fue lanzado en 2001 en el congreso de la AAE (Asociación Americana de Endodoncia)⁽²⁰⁾.

Inicialmente ProTaper estaba compuesto por un set de 6 limas; los tres primeros instrumentos para moldear los tercios cervical y medio de los canales radiculares, de ahí su nombre Shaping Files (limas modeladoras) las cuales son Shaping X (SX), Shaping 1 (S1) y Shaping 2 (S2). Las tres limas restantes cumplían el objetivo de preparar el tercio apical de los canales radicular, siendo llamadas Finishing Files (limas de terminación) que son Finishing 1 (F1), Finishing 2 (F2) y Finishing 3 (F3)⁽²¹⁾.



Fig. 1: Limas ProTaper, SX, S1, S2, F1, F2 y F3⁽²²⁾.

A fines del 2006, debido a las necesidades de mejora en algunas de sus propiedades, se modificó la sección transversal en algunas de sus limas, y se amplió el sistema con dos nuevas limas de conformación apical (F4 y F5) dando origen a una nueva generación llamada ProTaper Universal.



Fig. 2: ProTaper Universal, SX, S1, S2, F1, F2, F3, F4 y F5⁽²²⁾.

Lo más característico de estas es su Taper progresivo, en la punta del instrumento tiene taper $.02$ y cada 2 mm aumenta su taper en $.02$; de esta forma encontramos en el mismo instrumento las conicidad $.02$, $.04$, $.06$, $.08$, $.10$, $.12$, $.14$, $.16$, $.18$ y $.19$ ⁽¹⁸⁾. Presentan una sección transversal triangular de aristas redondeadas (Fig. 3) y un ángulo de corte ligeramente negativo, su ángulo helicoidal es de 60° aproximadamente y la punta del instrumento es inactiva (Fig. 5).

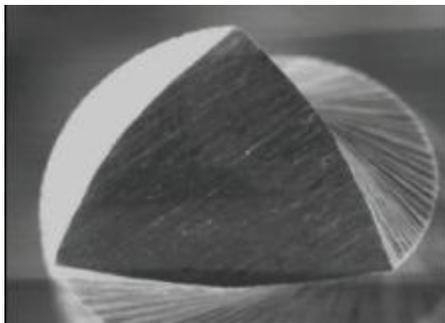


Fig. 3: Sección transversal limas S1, S2, F1 y F2.

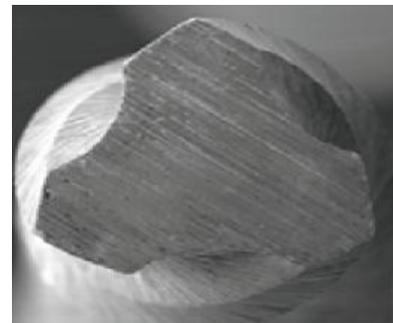


Fig. 4: Sección transversal limas F3, F4 y F5.



Fig. 5: Punta de limas ProTaper Universal.

La lima SX (Fig. 2) mide 19 mm, es la más pequeña y es utilizada para ensanchar el tercio coronal del conducto, no tiene banda de color para identificación⁽²¹⁾.

S1 y S2 (Fig. 2) vienen en largos de 21, 25 y 31 mm, tienen bandas de color lila (ISO 10) y blanco (ISO 15) respectivamente. F1, F2 y F3 (Fig. 2) también las encontramos en longitudes de 21, 25 y 31 mm, con las bandas de colores amarillo (ISO 20), rojo (ISO 25) y azul (ISO 30) utilizadas para terminación de conductos finos⁽²³⁾.

Finalmente F4 y F5 que son utilizadas para terminación de conductos amplios en apical, vienen en longitudes de 21, 25 y 31 mm y con dos bandas de color negro (ISO 40) y amarillo (ISO 50)⁽²¹⁾.

En las limas F3, F4 y F5 encontramos una forma transversal triangular modificada para darle mayor flexibilidad a estos instrumentos (Fig. 4)⁽²¹⁾.

SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN ROTATORIA RACE

RaCe (Reamer with Alternating Cutting Edges)⁽²³⁾ es un sistema desarrollado por la empresa Suiza FKG – DENTAIRE, que se introdujo en el año 2001 al mercado, en el Congreso Odontológico de Colonia, Alemania⁽¹⁶⁾.

Se caracteriza por poseer un diseño de hoja cortante no enroscante; construida alternativamente mediante zonas cortantes rectas y torcidas (Fig. 6). Posee una sección triangular para mejor penetración y corte, una hoja no roscante, tratamiento electroquímico de la superficie de las limas para un acabado más liso, punta de seguridad no cortante, y el Safely Memo Disc (SMD) para facilitar la cuenta de veces que se utiliza cada instrumento para prevenir la fatiga del material (Fig. 7). Cada SMD tiene un color diferente que representa el taper del instrumento:

SMD amarilla: taper .10 y .02

SMD negra: taper .08 y .04

SMD azul: taper .06

En los mangos de los instrumentos existe una banda de color para identificar los el tamaño ISO de cada uno.

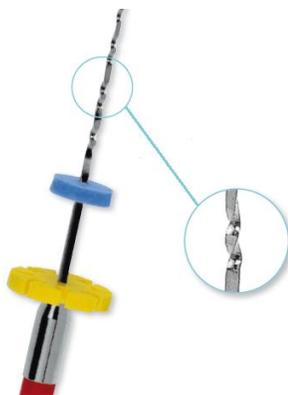


Fig. 6: Lima RaCe⁽²⁴⁾.

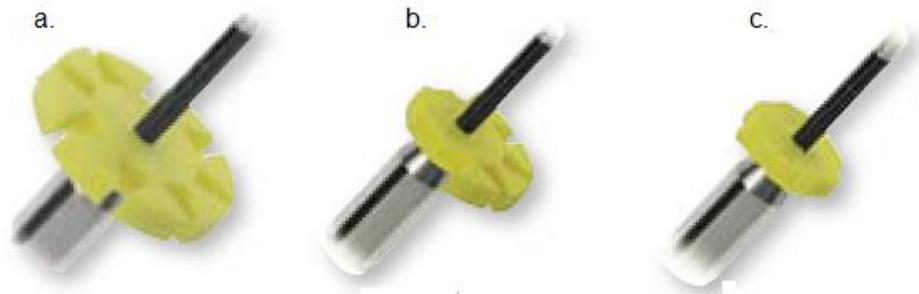


Fig. 7: a. SMD completa, sin uso. b. SMD con algunos usos. c. SMD con todos los usos, descartar⁽²⁴⁾.

Este sistema se compone por tres tipos de limas, Pre RaCe para instrumentación del tercio coronario, RaCe para la instrumentación convencional y S-Apex que es específico para la instrumentación apical en conductos curvos ya que su parte activa tiene un taper invertido (Fig. 11)⁽²⁵⁾.

Características instrumentos Pre RaCe⁽²⁶⁾

- Longitud total: constante de 19 mm.
- Longitud parte activa: 9 mm.
- Taper: .10 en ISO 40
 - .08 en ISO 35
 - .06 en ISO 30 y 40

		Ø ISO									
		15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
PRE-RaCe & SMD	.10 						●				
	.08 					●					
	.06 				●		●				

Fig. 8: Instrumentos Pre RaCe⁽²⁴⁾.

Características instrumentos RaCe⁽²⁶⁾

- Longitud total: presentaciones de 21, 25, 28 y 31 mm.
- Longitud parte activa: 16 mm.
- Taper: .06 en ISO 10 al 40
.04 en ISO 10 al 40 y 50
.02 en ISO 10 al 60

		Ø ISO									
		15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
RaCe & SMD	.06	●	●	●	●	●	●				
	.04	●	●	●	●	●	●		●		
	.02	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Fig. 9: Instrumentos RaCe⁽²⁴⁾.

Características instrumentos S-Apex

- Longitud total: 21 y 25 mm.
- Longitud parte activa: 16 mm.
- Taper: invertido en ISO 15 al 40 y 50 y 60

		Ø ISO									
		15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
S-ApeX	Inverted	●	●	●	●	●	●		●		●

Fig. 10: Instrumentos S-Apex⁽²⁴⁾.

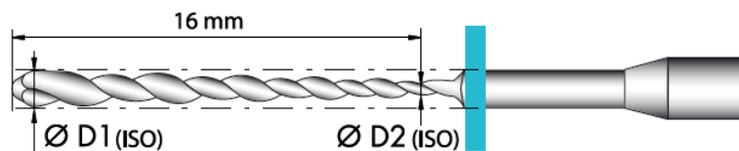


Fig. 11: Esquema instrumentos S-Apex⁽²⁴⁾.

La casa comercial propone 3 kits con una combinación de estas limas para instrumentar los canales conforme su dificultad de instrumentación⁽²⁶⁾:

Easy RaCe, para canales de dificultad simple y media.

- Cavidad de acceso
- Preparar tercios medio y coronal con Pre-RaCe 40/.10 y 35/.08
- Conductometría
- Preparar hasta apical con RaCe 25/.06, luego 25/.04 y finalmente 25/.02

Xtreme RaCe, para canales difíciles.

- Cavidad de acceso
- Preparar tercio coronal con Pre-RaCe 40/.10 y 35/.08
- Conductometría
- Consejo: puede preparar un tope apical con S-Apex
- Preparar tercios medio y apical con RaCe 15/.02, 20/.02 y 25/.02

Free Style RaCe, para secuencias personalizadas.

Easy RaCe



Xtreme RaCe



Free style RaCe



Fig. 12: kits RaCe⁽²⁷⁾.

SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN ROTATORIA K3

El sistema de instrumentación rotatoria K3 (SybronEndo, Orange, Ca) fue introducido inicialmente en Norteamérica en el 2002, posterior a la fusión de dos casas comerciales Kerrendo y Analitic Technology. Este sistema fue diseñado por el Dr. John McSpadden (Lookout Mountain, Ga) con la propuesta de que su uso era aplicable en cualquier situación clínica y que el método de instrumentación combina características óptimas de corte, control de la sensación táctil y excelente resistencia a la fractura por lo que el tratamiento endodóntico se vuelve fácil, rápido y menos estresante para el operador⁽²⁸⁾. Las limas K3 son limas de tercera generación que se caracterizan por tener tres estrías asimétricas.

Este sistema está compuesto por 3 pack de limas, VTVT pack (variable tip – variable taper), G pack (taper graduado) y Procedure pack. El VTVT pack está compuesto por un set de 6 limas que varían su tip y taper en cada una de ellas. Primera lima tip 25 y taper .10, segunda lima tip 25 y taper .08, tercera lima tip 35 y taper .06, cuarta lima tip 30 y taper .04, quinta lima tip 25 y taper .06 y última lima tip 20 y taper .04. Cada una de estas limas viene en una presentación de 21 o 25 mm de largo⁽²⁹⁾.



Fig. 13: Limas K3 VTVT pack.

El G pack está compuesto por 6 limas, que se caracterizan por tener un tip constante (25) y taper variable. La primera lima tiene taper de .12 y viene en una

presentación de 17 mm de longitud. Las siguientes 5 limas tienen conicidades (taper) de .10, .08, .06, .04, .02 y cada una de ellas vienen en longitudes de 21 o 25 mm⁽²⁹⁾.



Fig. 14: Limas K3 G pack.

Finalmente, el Procedure pack es un set de 6 limas donde las dos primeras son de tip 25 y taper .10 y .08 respectivamente, ambas vienen en longitud de 17 mm. Las otras 4 limas son de taper constante que puede ser de .06 ó .04 y tip progresivo N° 25, 30, 35 y 40, éstas últimas vienen en longitud de 21 ó 25 mm⁽²⁹⁾.



Fig. 15: Limas K3 Procedure pack.

Todas las limas presentan en su mango, que es de tamaño reducido, dos bandas de colores, la inferior representa el tip según el tamaño ISO y la superior representa el taper del instrumento.

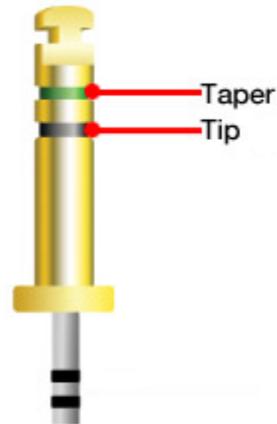


Fig. 16: Mango de la lima⁽³⁰⁾.

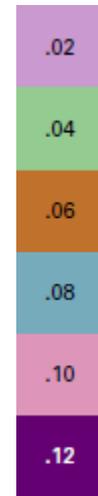


Fig. 17: Colores de la banda de Taper⁽³⁰⁾.

K3 presenta limas con taper fijo⁽³¹⁾, ángulo helicoidal variable (Fig. 18), desde 31° a 43° a medida que el instrumento se acerca al mango, posee un diámetro variable del alma de la lima, es decir, en la punta del instrumento el diámetro del alma es mayor que el diámetro exterior para darle más resistencia a la lima y mientras avanza hacia el mango el diámetro del alma se va haciendo más pequeño y el exterior más grande; y punta inactiva⁽²⁹⁾.

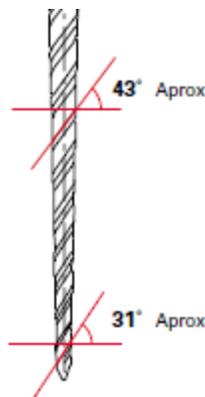


Fig. 18: Ángulo helicoidal variable⁽³⁰⁾.

Ángulo de corte levemente positivo, lo que provee una mayor capacidad de corte y tres planos radiales asimétricos; un plano radial ancho que le da soporte a la estría, plano radial liberado para disminuir la resistencia a la fricción y un tercer

plano radial que estabiliza y ayuda a reducir el atornillamiento, mantiene el instrumento centrado y proporciona estabilidad⁽²⁹⁾.

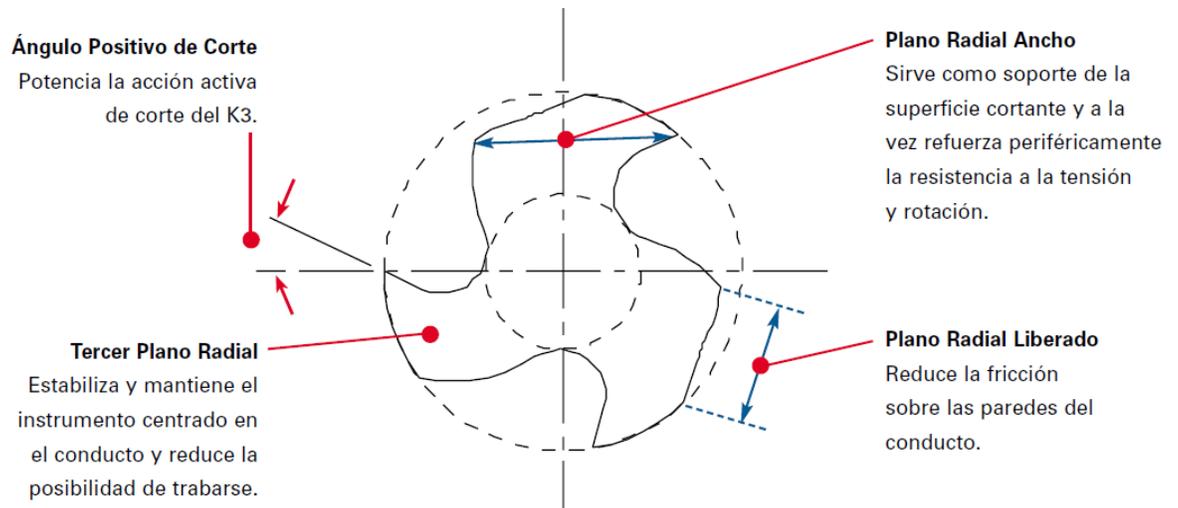


Fig. 19: Corte transversal de K3⁽³⁰⁾.

HIPÓTESIS DE TRABAJO

Con los antecedentes planteados, proponemos que la instrumentación de canales radiculares utilizando limas rotatorias ProTaper Universal, produce mayor transportación y deformación del tercio medio y apical del canal que los sistemas rotatorios RaCe y K3.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Comparar y analizar a través de tomografía computarizada cone beam, el grado de transportación y deformación del tercio medio y apical de canales radiculares con curvaturas de 25° y 35°, al utilizar los sistemas de instrumentación rotatoria ProTaper Universal, RaCe y K3.

Objetivos Específicos:

1. Determinar la diferencia de desgaste a nivel del tercio medio y apical del canal radicular en conductos curvos instrumentados con limas ProTaper Universal.
2. Determinar la diferencia de desgaste a nivel del tercio medio y apical del canal radicular en conductos curvos instrumentados con limas RaCe.
3. Determinar la diferencia de desgaste a nivel del tercio medio y apical del canal radicular en conductos curvos instrumentados con limas K3.
4. Comparar el grado de transportación del tercio medio y apical del canal radicular post instrumentación utilizando las tres técnicas de instrumentación mecanizada, mediante el análisis de imágenes obtenidas con Tomografía Computarizada Cone Beam.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este trabajo es un estudio de tipo experimental *in vitro*, en que se comparó la transportación del canal radicular de tres sistemas de instrumentación mecanizada.

Definición operacional de transportación de canal radicular: Al realizar técnicas de instrumentación en los canales radiculares, existe un desgaste de las paredes de los mismos, pudiendo ser un desgaste no proporcional dando como resultado un cambio en la ubicación espacial de éste; lo que denominaremos transportación del conducto radicular. Basado en esto se comparó la cantidad de desgaste dentinario entre las paredes del canal radicular al realizar la preparación quimiomecánica con los diferentes tipos de instrumentación rotatoria.

Variable Independiente: Tipo de técnica de instrumentación.

Variable Dependiente: Desgaste dentinario del canal radicular.

Selección de la muestra

La muestra consistió en 45 canales radiculares de molares humanos con los siguientes criterios de inclusión:

- a. Canales radiculares de primeros o segundos molares superiores e inferiores.
- b. Canales radiculares finos
- c. Curvaturas radiculares entre 25 y 35 grados, de acuerdo al coeficiente de curvatura de S. W. Schneider⁽⁸⁾, para estandarizar la muestra con respecto a esta variable
- d. Canales radiculares con formación radicular completa

Los criterios de exclusión fueron:

- a. Molares con raíces fusionadas
- b. Molares con cierre apical y formación radicular incompleta
- c. Molares con caries radicular
- d. Molares con fractura radicular
- e. Molares con canales radiculares calcificados y/o atrésicos
- f. Molares con tratamiento endodóntico previo

A los molares pre-seleccionados mediante inspección morfológica, se les tomó una radiografía periapical para verificar la permeabilidad y la curvatura de los conductos según criterio de inclusión.



Fig. 20: Radiografía periapical para definir el grado de curvatura radicular.

Preparación de la Muestra

Los molares extraídos fueron mantenidos en una solución de Formalina Buffer al 10% hasta su proceso de desinfección y conservación donde se realizaron las siguientes etapas:

- Se hirvieron en un recipiente tapado durante 30 minutos en agua corriente (50%) y hipoclorito de sodio (50%)
- Luego se lavaron con un cepillo y detergente para eliminar los restos de tejido adheridos
- Se enjuagaron y secaron con papel absorbente
- Se conservaron en una solución hidratante compuesta de agua oxigenada de 10 volúmenes (50%) y glicerina (50%) hasta el momento de ser utilizados.

Los molares se trepanaron utilizando fresas de alta y baja velocidad con abundante irrigación.

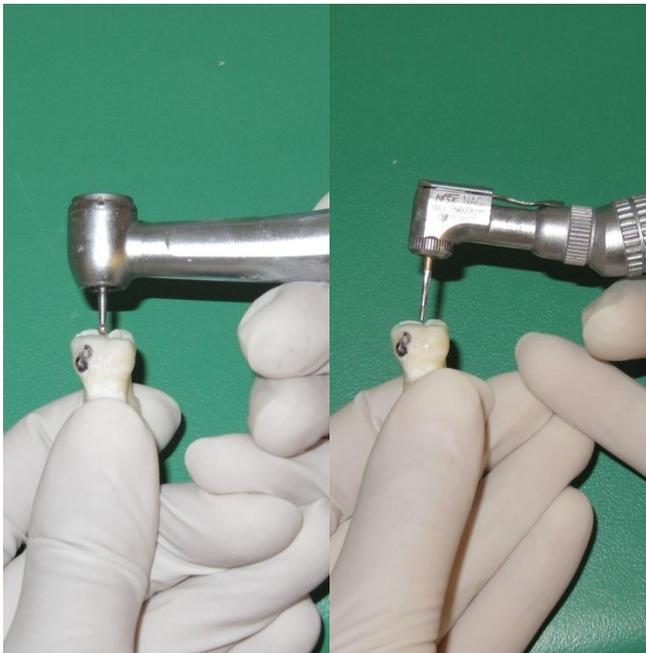


Fig. 21: *Fresas utilizadas para trepanación de molares.*

Evaluación imageneológica

Para estandarizar la toma del Cone Beam se realizó un rodete silicona pesada donde se montaron los molares, conformando un molde que permitió la toma imageneológica preoperatoria y postoperatoria en la misma angulación y sentido de la curvatura del molar.



Fig. 22: *Molares montados en rodetes de silicona.*

El equipo utilizado para scannear la muestra fue Sirona Dental Systems GmbH modelo GALILEOS, con una potencia nominal de 0.6 kW a 85 Kv/7mA.



Fig. 23: Equipo GALILEOS (Sirona Dental Systems GmbH).

Las imágenes fueron almacenadas para su análisis y comparación con las imágenes obtenidas post-instrumentación.

Procedimiento de Instrumentación

La muestra se dividió en 3 grupos de estudio de 15 canales radiculares, seleccionada al azar:

Grupo n°1: Se instrumentó mecánicamente con el sistema ProTaper Universal

Grupo n°2: Se instrumentó mecánicamente con el sistema RaCe

Grupo n°3: Se instrumentó mecánicamente con el sistema K3

Posteriormente, se buscó la longitud de trabajo en cada molar utilizando una lima K N°10, se introdujo en cada conducto hasta llegar a ras del foramen apical, se midió la distancia y se restó 1 mm.

La irrigación que se utilizó durante el procedimiento de instrumentación fue con hipoclorito de sodio al 5,25% con un volumen de 1 ml antes y después de cada

instrumento, con la aguja irrigadora lo más apical posible con apoyo en una de las paredes y antes de que ajuste al canal radicular, es decir, que quede holgada dentro del conducto.

La instrumentación mecanizada fue realizada por un solo operador, según las indicaciones de cada fabricante para conductos con curvaturas moderadas a severas. Los instrumentos fueron utilizados realizando movimientos corono-apicales y se utilizó un set de limas por cada 5 canales.

Se utilizó el motor X Smart Dentsply Maillefer con una velocidad de 300 rpm y un torque 2.



Fig. 24: Motor X Smart Dentsply Maillefer.

Grupos Experimentales

Grupo n°1: Instrumentación mecanizada con sistema ProTaper Universal.

Se instrumentaron los canales de acuerdo a las instrucciones del fabricante para casos de dificultad moderada/severa hasta la lima F3 diámetro apical 30.

Secuencia de trabajo utilizada:

Lima K N°10 a longitud clínica real

Lima K N°10 a -5mm de LT

Lima K Flexo-File N°15 a -5mm de LT

ProTaper Universal S₁ a -5 mm de LT

Lima K Flexo-File N°15 a LT

ProTaper Universal S₁ a LT

ProTaper Universal S₂ a LT

ProTaper Universal F₁ a LT

ProTaper Universal F₂ a LT

ProTaper Universal F₃ a LT

Grupo n°2: Instrumentación mecanizada con sistema RaCe.

Se instrumentaron los canales con instrumentos para conductos de elevada complejidad: Xtreme RaCe. Se finalizó la instrumentación con lima con conicidad 4% diámetro apical 30.

Secuencia de trabajo utilizada:

Lima K N°10 a longitud clínica real

Lima K N°10 a LT

RaCe PreRace N°40 y conicidad 10% a -5mm de LT

RaCe PreRace N°35 y conicidad 8% a -5mm de LT

RaCe N°15 y conicidad 2% a LT

RaCe N°20 y conicidad 2% a LT

RaCe N°25 y conicidad 2% a LT

RaCe N°30 y conicidad 4% a LT

Grupo n°3: Instrumentación mecanizada con sistema K3.

Se instrumentaron los canales de acuerdo a las instrucciones del fabricante para casos de conductos curvos o estrechos, siendo la lima de terminación de diámetro apical 30 taper 4%.

Secuencia de trabajo utilizada:

Lima K N°10 a longitud clínica real

K3 OO N°25 y conicidad 0.10 a -5mm de LT

K3 OO N°25 y conicidad 0.08 a -5mm de LT

K3 N°35 y conicidad 0.06 a -5 mm de LT

K3 N°30 y conicidad 0.04 a -5 mm de LT

K3 N°20 y conicidad 0.04 a LT

K3 N°25 y conicidad 0.06 a LT

K3 N°30 y conicidad 0.04 a LT



Fig. 25: Set de limas ProTaper Universal, XtremRaCe y K3 VTVT.

Durante el procedimiento de instrumentación mecanizada, fueron fracturados 2 instrumentos F3 del sistema ProTaper Universal, por lo que estos canales radiculares fueron reemplazados, obteniendo la muestra total de 45 canales instrumentados

Una vez instrumentados todos los conductos, se tomó una nueva imagen con Cone Beam bajo las mismas condiciones pre-instrumentación.

Análisis de la Preparación del Conducto

Las imágenes obtenidas pre y post instrumentación fueron digitalizadas y guardadas para su análisis, el cual se realizó mediante el software GALAXIS para GALILEOS.

Se analizó, por cada conducto radicular, cuatro imágenes, tomadas a los 2, 4, 6 y 8 mm desde el foramen apical tomadas pre y post-instrumentación (Fig. 26 y 27).

Se asignó una numeración arbitraria desde el 1 hasta el 45 para evitar sesgo y hacer el estudio de tipo ciego.

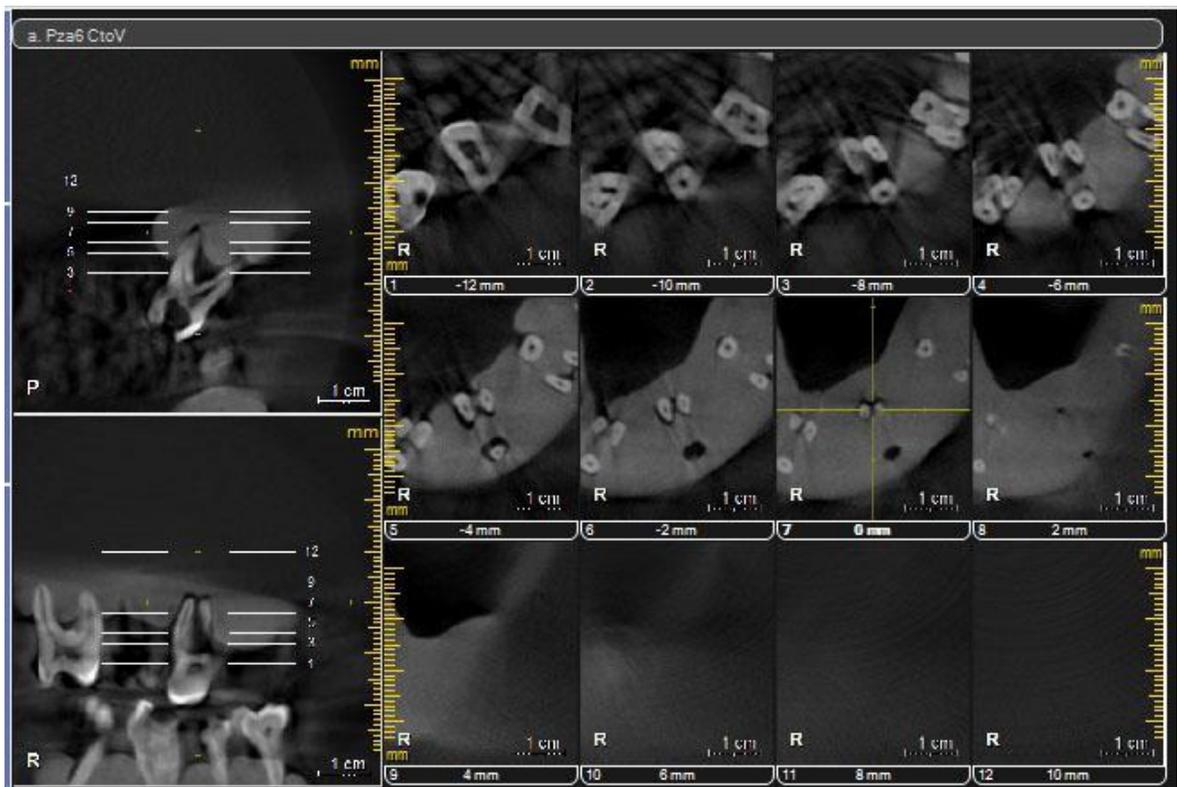


Fig. 26: Imágenes de un molar pre instrumentación.

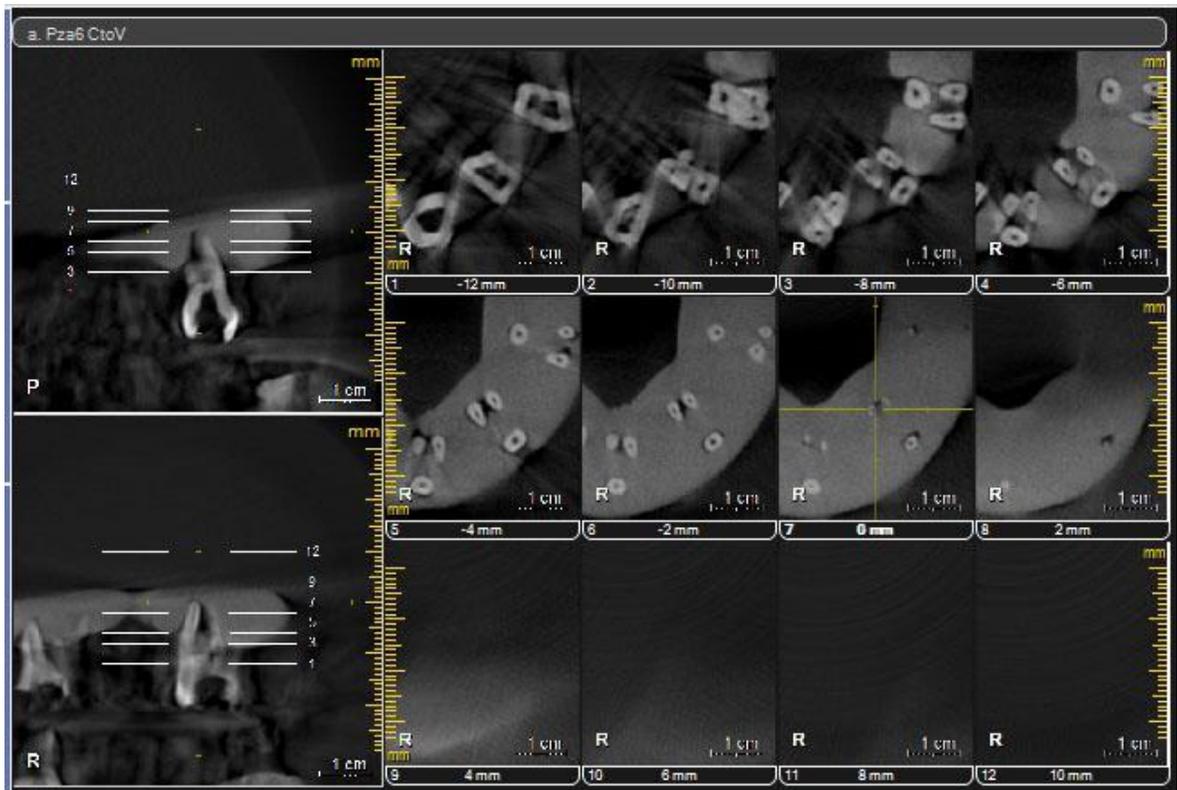


Fig. 27: Imágenes de un molar post instrumentación.

Se hizo un test de calibración intraobservador para medidas repetidas, para establecer la confiabilidad de las mediciones. Este consistió en hacer medidas en una raíz elegida al azar, la que se midió de la misma forma y con el mismo sistema computacional, dos veces al día durante cinco días. Una vez obtenidos los valores se aplicó el test estadístico t-test para muestras dependientes.

Para evaluar el grado de transportación del canal se utilizó una técnica propuesta por Gambill et al⁽³²⁾ modificada que mide la transportación del conducto en sentido mesio-distal y vestíbulo palatino/lingual (Fig. 28).

Dirección mesiodistal: $(CL1 - CL2) - (CF1 - CF2)$

Dirección vestíbulo palatino/lingual: $(V1 - V2) - (PL1 - PL2)$

Donde,

CL1: distancia más corta desde el borde de la cara libre de la periferia de la raíz al borde de la cara libre del canal no instrumentado

CL2: distancia más corta desde el borde de la cara libre de la raíz al borde de la cara libre del canal instrumentado

CF1: distancia más corta del borde de la cara furcal de la periferia de la raíz al borde de la cara furcal del canal no instrumentado

CF2: distancia más corta desde el borde de la cara furcal de la raíz al borde de la cara furcal del canal instrumentado.

V1: distancia más corta desde el borde vestibular de la periferia de la raíz al canal no instrumentado

V2: distancia más corta desde el borde vestibular de la raíz al borde vestibular del canal instrumentado

PL1: distancia más corta del borde palatino/lingual de la raíz al borde distal del canal no instrumentado

PL2: distancia más corta del borde palatino/lingual de la raíz al borde palatino/lingual del canal instrumentado

De acuerdo a esta fórmula un resultado 0 indica que no hay transportación, un resultado distinto de 0 habla de que sí ha ocurrido transportación del canal. Además, se evaluó la dirección de la transportación donde un resultado negativo indica transportación hacia la porción de la cara furcal o palatino/lingual, un resultado positivo hacia la porción de la cara libre o vestibular y un resultado nulo, indica la ausencia de transportación.

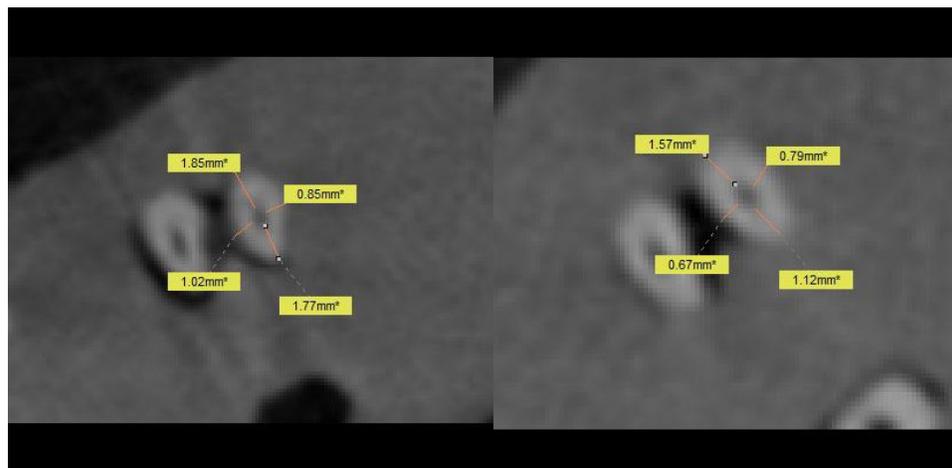


Fig. 28: Mediciones de las paredes vestibulo-lingual y furca-libre de un molar pre y post-instrumentación.

Los datos obtenidos fueron tabulados en el programa Microsoft Office Excel 2007.

El análisis de datos se realizó mediante el test estadístico de Wilcoxon para muestras pareadas obteniendo así la comparación entre las diferencias de desgastes de la pared libre vs. furca y de la pared vestibular vs pared palatina /lingual en cada sistema de instrumentación. Para la comparación de la diferencia de desgaste de todas las paredes entre sí por sistema de instrumentación así como para la comparación de la transportación entre los sistemas rotatorios se utilizó el test ANOVA para medidas repetidas con un intervalo de confianza del 95%. Se consideró estadísticamente significativo un valor de $P \leq 0.05$.

RESULTADOS

Los resultados del T-test para muestras dependientes realizado con el objetivo de establecer la precisión del registro intraobservador, indican que no existe diferencias significativas en la medición.

La Tabla 1 muestra la presencia o ausencia de transportación para las paredes vestibular–lingual y cara libre–furca a los 4 niveles de observación (2, 4, 6, y 8 mm) en las 15 muestras instrumentadas con el sistema ProTaper Universal.

	Pared vestibular (mm ± DE; n = 15)	Pared lingual (mm ± DE; n = 15)	Pared libre (mm ± DE; n = 15)	Pared furca (mm ± DE; n = 15)
2 mm	0,3167±0,2217	0,4100±0,3656	0,3353±0,1989	0,2147±0,2446*
4 mm	0,5473±0,3682	0,3287±0,4021	0,2940±0,2448	0,2453±0,1921
6 mm	0,3373±0,3102	0,3387±0,4264	0,2327±0,1989	0,5613±0,3318**
8 mm	0,4093±0,4038	0,4427±0,3970	0,3893±0,2308	0,3607±0,2774

Tabla 1: Transportación del conducto al comparar pared vestibular vs lingual y cara libre vs furca utilizando el sistema de instrumentación ProTaper Universal.

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

Se observa transportación del canal presente a los 2 y 6 mm siendo estadísticamente significativo ($p < 0,05$) al contrastar las paredes libre y furca.

En la Tabla 2 se observa la presencia o ausencia de transportación entre las paredes vestibular–lingual y cara libre–furca para el sistema de instrumentación rotatoria RaCe, evidenciándose la ausencia de transportación para todas las mediciones.

	Pared vestibular (mm ± DE; n = 15)	Pared lingual (mm ± DE; n = 15)	Pared libre (mm ± DE; n = 15)	Pared furca (mm ± DE; n = 15)
2 mm	0,1773±0,2049	0,2140±0,2025	0,1967±0,1654	0,1413±0,1421
4 mm	0,2620±0,2209	0,3487±0,3239	0,1953±0,1912	0,2060±0,1854
6 mm	0,2027±0,1579	0,5173±0,6085	0,2013±0,1516	0,2420±0,1300
8 mm	0,2960±0,3444	0,3227±0,3768	0,2207±0,1852	0,3373±0,3592

Tabla 2: *Transportación del conducto al comparar pared vestibular vs lingual y cara libre vs furca utilizando el sistema de instrumentación RaCe.*

Se observa a los 6 mm de instrumentación un mayor desgaste hacia la pared lingual, sin embargo esta diferencia no es significativa.

La Tabla 3 muestra la presencia o ausencia de transportación para las paredes vestibular–lingual y cara libre–furca a 2, 4, 6, y 8 mm en las 15 muestras instrumentadas con el sistema K3, donde no se observan diferencias al igual que con el sistema RaCe.

	Pared vestibular (mm ± DE; n = 15)	Pared lingual (mm ± DE; n = 15)	Pared libre (mm ± DE; n = 15)	Pared furca (mm ± DE; n = 15)
2 mm	0,09133±0,1124	0,07333±0,09737	0,1167±0,1509	0,08933±0,1323
4 mm	0,05467±0,1162	0,1653±0,2862	0,0940±0,1275	0,1660±0,2400
6 mm	0,07133±0,1088	0,1433±0,2059	0,1680±0,1189	0,2140±0,1966
8 mm	0,2093±0,3016	0,2087±0,2033	0,2280±0,2139	0,3347±0,2170

Tabla 3: *Transportación del conducto al comparar pared vestibular vs lingual y cara libre vs furca utilizando el sistema de instrumentación K3.*

Por otra parte, se puede observar que al comparar la diferencia de desgaste de todas las paredes entre sí, por sistema de instrumentación, a través del test ANOVA el mayor desgaste no homogéneo lo produce el sistema rotatorio ProTaper Universal a los 4 mm de instrumentación y la diferencia se produce entre las paredes vestibular y furca (Fig. 29).

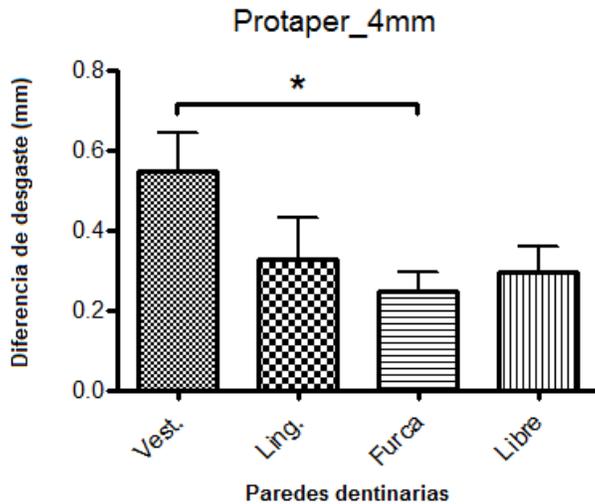


Fig. 29: *Transportación del canal a los 4 mm comparando todas las paredes entre sí con el sistema de instrumentación ProTaper Universal.*

Se puede visualizar además que el sistema ProTaper Universal a los 8 mm de instrumentación muestra una distribución homogénea de desgaste (Fig. 30) aunque se evidencia una gran cantidad de desgaste.

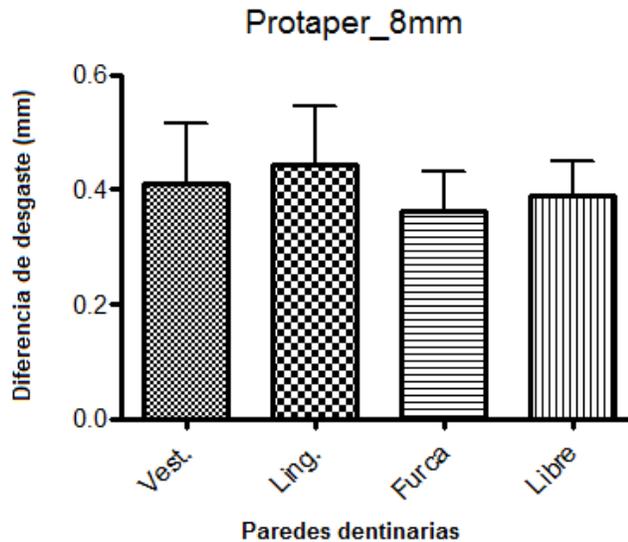


Fig. 30: *Grado de desgaste de las 4 paredes del conducto a 8 mm con sistema ProTaper Universal.*

Es interesante destacar que el sistema K3 a los 2, 4, y 6 mm del conducto produjo un desgaste conservador y homogéneo de las paredes (Fig. 31), no así el sistema RaCe que mostró una tendencia a desgastar más la pared lingual a los 4 y 6 mm, pero sin diferencias significativas (Fig. 32).

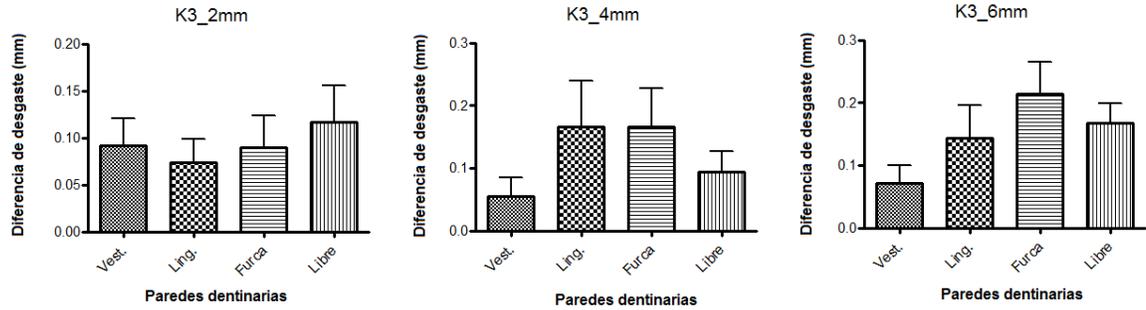


Fig. 31: Desgaste de las paredes a los 2, 4, y 6 mm con el sistema K3.

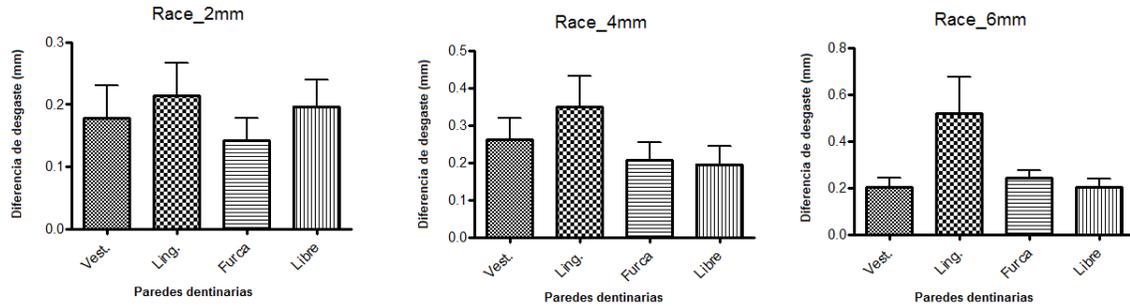


Fig. 32: Desgaste de las paredes a los 2, 4, y 6 mm con el sistema RaCe.

Finalmente, al contrastar las diferencias de desgaste de todos los sistemas rotatorios a los distintos niveles de medición utilizando el índice de Gambill⁽³²⁾, se puede observar que ProTaper Universal produce un desgaste significativamente mayor que los sistemas RaCe y K3 a los 6 mm en sentido cara libre-furca (Fig. 33), y el desgaste no proporcional se produce hacia la cara furca de los molares (Tabla 4). En sentido vestibulo-palatino no se observaron diferencias significativas (Tabla 5).

	ProTaper (mm ± DE; n = 15)	RaCe (mm ± DE; n = 15)	K3 (mm ± DE; n = 15)
2 mm	0,1207±0,2263	0,0540±0,2352	0,02667±0,2297
4 mm	0,04933±0,3089	-0,01067±0,2374	-0,0720±0,2618
6 mm	-0,2980±0,3282*	-0,0540±0,2514	-0,0580±0,2264
8 mm	-0,05133±0,3747	-0,1167±0,3860	-0,1067±0,3556

Tabla 4: Transportación del conducto al comparar las diferencias de desgaste de los sistemas de instrumentación a los distintos niveles de medición en sentido cara libre-furca. * $p < 0,5$. ProTaper vs RaCe y ProTaper vs K3.

	ProTaper (mm ± DE; n = 15)	RaCe (mm ± DE; n = 15)	K3 (mm ± DE; n = 15)
2 mm	-0,09333±0,3783	-0,03667±0,2565	0,0180±0,08011
4 mm	0,2013±0,4426	-0,08667±0,4060	-0,1107±0,3291
6 mm	-0,05333±0,4620	-0,3147±0,6852	-0,06533±0,2042
8 mm	-0,03733±0,6318	-0,02667±0,5144	-0,006667±0,3330

Tabla 5: Transportación del conducto al comparar las diferencias de desgaste de los sistemas de instrumentación a los distintos niveles de medición en sentido vestibulo-palatino (vestibular-palatino).

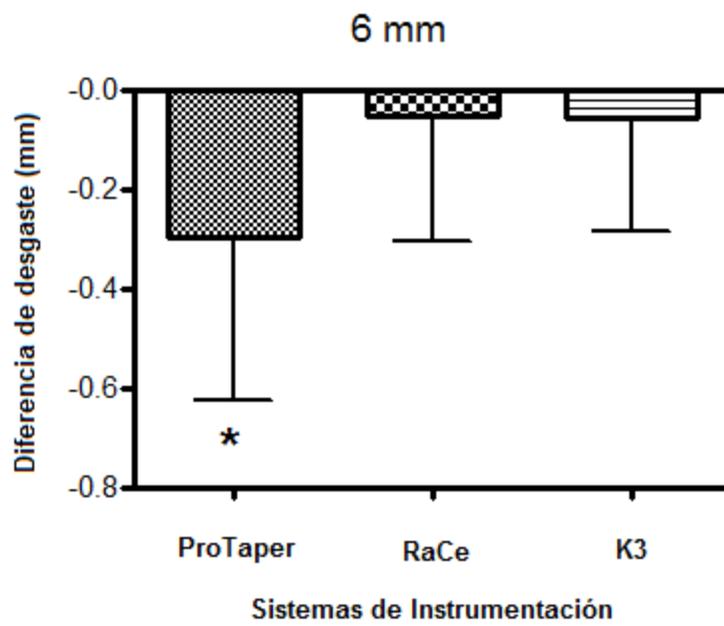


Fig. 33: Diferencia de desgaste comparando los tres sistemas a 6 mm de medición. * $p < 0,05$.

DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue comparar y analizar a través de tomografía computarizada Cone Beam, el grado de transportación y deformación del tercio medio y apical de canales radiculares con curvaturas de 25° y 35° según la técnica indicada por Schneider, los que fueron preparados por un mismo operador con tres técnicas de instrumentación rotatoria: ProTaper Universal, RaCe y K3.

En primer lugar, vamos a analizar las diferencias de espesor de las paredes opuestas (libre vs furca y vestibular vs palatino). Para ello, nos enfocamos en los valores arrojados por un instrumento en particular, observando cómo varían dichos espesores a lo largo del canal radicular.

Se encontraron diferencias significativas entre las paredes libre y furca (Tabla 2) a los 2 mm y 6 mm del canal radicular medido desde ápice a coronal para el instrumento ProTaper Universal, representando un desplazamiento del conducto hacia la cara libre a los 6 mm y hacia la furca de los molares a los 2 mm; estos resultados son semejantes a los encontrados por Alcota y Compán en el estudio publicado en 2011, donde observaron que el sistema ProTaper Universal produjo mayor desgaste a los 6 mm de instrumentación en la pared cóncava de la curvatura radicular⁽³³⁾.

Este comportamiento se puede explicar por la presencia de mayor rigidez de estos instrumentos y además de presentar taper variable, lo cual hace difícil el manejo selectivo de los instrumentos según las características anatómicas de los conductos radiculares. Se ha demostrado que las transportaciones encontradas fueron producidas por el instrumento F3, por lo que su uso debe ser moderado al momento de la preparación de conductos curvos^(32, 34). Lo anterior también puede explicar la fractura del instrumento F3 en dos oportunidades a lo largo de la etapa experimental del estudio, este hecho también se produjo durante la instrumentación realizada por otros operadores que han publicado estudios sobre este sistema rotatorio^(35, 36).

Los resultados anteriormente expuestos coinciden con el estudio de Bregmans et al. del 2003 donde sus resultados muestran un mayor desgaste por parte del sistema ProTaper, en especial a nivel del tercio coronal⁽³⁷⁾, del mismo modo en el estudio de Yang et al. los resultados arrojan un mayor desgaste del sistema ProTaper a nivel del tercio medio y coronal del canal radicular en comparación con otro sistema⁽³⁷⁾. Por esto, diferentes estudios sugieren el uso de ProTaper en combinación con sistemas más flexibles, como RaCe o K3, en la preparación de conductos curvos, ya que el uso de ProTaper Universal por sí sólo produce transportación del tercio medio del canal radicular^(9, 36). Así también se recomienda disminuir la conicidad de los instrumentos. Por ejemplo, un instrumento N°30 de conicidad al 2% es más flexible que un instrumento N°30 con conicidad al 4% ó 6%, así, para poder realizar el ensanchamiento apical es necesario utilizar instrumentos con conicidad al 2%^(16, 39, 40).

En contraste con lo anterior, existen estudios donde se demuestra que ProTaper mantiene la curvatura original de canales radiculares en comparación con otros sistemas rotatorios, entre ellos K3 y RaCe, sin mostrar diferencias significativas⁽⁴¹⁾ y también que es un instrumento seguro de utilizar⁽³⁴⁾. Sin embargo, promueve un mayor desgaste de dentina a nivel del tercio coronal del canal, aunque manteniendo la regularidad del diámetro del conducto a nivel de los tres tercios del canal radicular⁽⁴¹⁾. Así mismo en 2006 fue publicado un estudio donde se demostró que ProTaper removió significativamente más dentina que el sistema Hero Shaper y RaCe, sin embargo RaCe mostró una transportación estadísticamente significativa del conducto a nivel del tercio coronal⁽⁴²⁾.

En 2006, Al-Suldani et al publicó un estudio donde comparaban tres sistemas de instrumentación; Profile, K3 y RaCe, en el cual se evaluó la capacidad de mantener la posición original del conducto y transportación del canal. Como conclusión, se determinó que los tres sistemas preservan la estructura dentinaria pero RaCe mostró significativamente mayor transportación⁽¹¹⁾. Esto último puede coincidir con los resultados mostrados por RaCe en nuestro estudio donde se observó una tendencia a la transportación de la pared lingual de los conductos a los

6 mm de instrumentación, sin ser esta diferencia significativa. Sin embargo al comparar RaCe y ProTaper en el estudio de Al-Suldani encontramos que los conductos preparados con RaCe conservan y mantienen mejor la centricidad y curvatura original del canal; y aunque al utilizar RaCe a diámetros mayores de los usuales la transportación es mínima se sigue manteniendo una centricidad adecuada del canal en contraste con ProTaper Universal que tiende a transportar el conducto hacia la zona externa de la curvatura^(14, 35).

Según nuestros resultados, K3 mostró ser el más conservador en la remoción de dentina de los canales radiculares, sin producir transportación del conducto; al igual que en un estudio del 2008 publicado por López et al., donde se determinó que K3 otorga seguridad en la preparación apical del canal, con una pequeña desviación, pero sin producir una transportación significativa del conducto⁽⁴³⁾. Esto se contrasta con los resultados obtenidos por Boada y Moré donde K3 mostró un desgaste significativamente mayor que el producido por el sistema ProTaper a nivel del tercio medio, pero a nivel del tercio apical el sistema K3 mostró ser más seguro que ProTaper al no modificar el ángulo de la curvatura de las raíces; ambos sistemas no mostraron diferencias significativas en la transportación final del conducto⁽¹³⁾. Se han realizado otros estudios donde K3 muestra mayor desgaste de las paredes del canal radicular, al compararlo con el sistema ProFile en canales curvos simulados en bloques de resina con 20° y 30° de curvatura. Éstos establecieron que K3 a los 20° remueve significativamente más material de la pared externa del canal en la zona apical que ProFile, y que a los 20° K3 remueve más material de la pared externa e interna que Profile⁽⁴⁴⁾. En este mismo estudio al compararlo con el sistema Mtwo se determinó que para curvaturas mayores o iguales a 20° la transportación del comienzo de la curvatura fue significativamente mayor con K3⁽⁴⁵⁾.

Del test ANOVA rescatamos la existencia de un desgaste significativamente mayor en la pared vestibular de los canales radiculares instrumentados con el sistema ProTaper Universal a nivel del tercio medio del canal, específicamente a

los 4 mm de medición (Fig. 29), confirmando que es el instrumento que provoca transportación de los canales radiculares.

Por otra parte, al observar los resultados del último análisis estadístico, podemos destacar que cuando se contrastan los tres sistemas rotatorios entre sí a los distintos niveles de medición, sólo encontramos una diferencia de desgaste significativa a los 6 mm, donde el instrumento ProTaper Universal produce el mayor desgaste en sentido furca-libre, específicamente en la cara furca de las raíces. Esto se puede comparar con el estudio de Yoshimine et al., publicado en 2005, en el cual se analizaron los tres sistemas de instrumentación utilizando bloques de resina en vez de molares humanos. Sus resultados fueron similares a los del presente trabajo, en donde ProTaper produjo un desgaste de dentina mayor que los sistemas RaCe y K3. Además, ProTaper mostró tendencia a formar un escalón al final de la preparación del canal que parece ser producido por las limas F del sistema ProTaper, que parecen ser menos flexibles que otras limas del mismo diámetro apical, debido a su gran taper (taper progresivo). Los resultados de la publicación de Yoshimine sugieren la utilización de los sistemas con menor taper y más flexibles como RaCe y K3 en la preparación apical de los canales radiculares con curvaturas severas⁽¹⁰⁾.

Finalmente, la evaluación de la transportación de la región apical y media del canal radicular después de la preparación quimiomecánica puede ser realizada con diferentes metodologías, por ejemplo, plataformas radiográficas superponiendo imágenes pre y post instrumentación, sistema de muflas y tomografías computarizadas, que es la metodología más actual en este tipo de imágenes⁽⁴⁶⁾. El uso de tecnología Cone Beam ha demostrado dar buenos resultados en la medición de longitudes de las paredes de canales radiculares al compararlo con otros métodos como la imagen radiográfica, el corte transversal y la división longitudinal⁽⁴⁷⁾. Sin embargo con la utilización de éste método surgieron inconvenientes en la técnica que pueden haber afectado el resultado de la investigación. La resolución de la imagen para realizar la medición de las paredes de los conductos hace que la medición se vuelva subjetiva, debido a que no existe

un límite definido en la imagen que nos permita reconocer el borde del conducto, tanto interno como externo, sino que se muestra una imagen pixelada que puede inducir errores al momento de las mediciones de pre y post instrumentación. A pesar de esta limitación nuestros resultados son coherentes con los encontrados en una investigación similar pero utilizando otro análisis imagenológico⁽³³⁾, así como lo encontrado en investigaciones del postítulo de Endodoncia 2011⁽⁴⁸⁾, lo que da consistencia a lo obtenido en este estudio.

CONCLUSIONES

1. Al comparar intra-sistemas a los distintos niveles, ProTaper Universal produce una transportación significativamente mayor del conducto a nivel del tercio medio, específicamente a los 2 y 4 mm medidos desde apical hacia coronal en las paredes libre y furca.
2. Cuando se comparan los tres sistemas de instrumentación entre ellos, ProTaper Universal produce una transportación del conducto a los 4 mm significativamente mayor que RaCe y K3.
3. Los sistemas RaCe y K3 no producen transportación del sistema de conductos radiculares, no mostrando diferencias significativas entre sí.
4. El sistema RaCe mostró una mayor tendencia a desgastar la pared lingual del conducto radicular a los 6 mm, sin embargo esta diferencia no es significativa.
5. El sistema K3 fue el que mostró menor transportación del tercio medio y apical del canal radicular y produciendo un desgaste conservador de las paredes, siendo el sistema que mejor se comporta desde el punto de vista de la mantención de la geometría del canal radicular.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Soares I. J., Goldberg F., (2002) "Endodoncia. Técnica y Fundamentos", Ed. Med. Panamericana, Brasil. Cap. 7, 325 páginas.
2. Reeh E. S., Messer H. H., Douglas W. H., (1989) "Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures", J Endod; 15: 512-516.
3. Lang H., Korkmaz Y., Schneider K., Raab W. H. M., (2006) "Impact of endodontic treatments on the rigidity of the root", J Dent Res; 85(4): 364-368.
4. Golberg F., Araujo J. A., (1997) "Comparision of three instruments in the preparation of curved root Canals", Endod Dent Traumatol; 13(6): 256-268.
5. Walton R., Torabinejad M., (1997) "Endodoncia, principios y Práctica" 2da Edición, Ed. McGraw Hill Interamericana, México. Cap. 30. 601 páginas.
6. Samyn J. Nicholls, Steiner, (1996) "Comparision of stainless steel and nickel-titanium instruments in molar root canal preparation", J Endod; 22: 177-181.
7. Chen J. L., Messer H. H., (2002) "A comparision of stainless steel hand rotary nickel-titanium instrumentation using a silicone impression technique", Australian Dent J; 41(1): 12-20.
8. Schneider Sam., (1971) "A comparision of canal preparations in straight and curved root Canals", Oral Surg; 32(2): 271-275.
9. Javaheri H. H., Javaheri G. H., (2007) "A comparision of three Ni-Ti rotary instruments in apical reansportation" J Endod; 33(3): 284-6.
10. Yoshimine Y., Akamine A., (2005) "The shaping effects of three nickel.titanium rotary instruments in simulated s-shaped Canals", J Endod; 31(5): 373-5.
11. Al-Sudani D., Al-Shahrnai S., (2006) "A comparision of the canal centering ability of Profile, K3 and RaCe nickel-titanium rotary systems", J Endod; 32(12): 1198-201.
12. Boada C., Moré A., (2005) "Comparación In Vitro de 2 sistemas rotatorios de instrumentación en endodoncia (ProTaper y K3) en conductos curvos simulados", Rev Científica; 11(2): 56-64.

13. Oliveira C., Meurer M., (2009) "Cone-Beam computed tomography analysis of the apical third of curved roots after mechanical preparation with different automated systems", *Braz Dent J*; 20(5): 376-381.
14. Pasternak-Junior B., Sousa-Neto M. D., Silva R. G., (2009) "Canal transportation and centring ability of RaCe rotary instruments", *Int Endod J*; 42: 499-506.
15. Civjan S., Huget E. F., Desimon L. B., (1975) "Potential applications of certain nickel-titanium (Nitinol) alloys", *J Dent Res*; 54(1): 89 – 96.
16. Leonardo M. R., Leonardo R. T., "Sistemas Rotatorios en Endodoncia: Instrumentos de níquel – titanio" Editorial Artes Médicas. 2002.
17. Walia H., Brantley W. A., Gerstein H., (1988) "An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files", *J Endodon*; 4(7): 346-351.
18. Maggiori A. "Preparación de seminarios: Sistemas Rotatorios" Universidad Autónoma de Potosí. Facultad de Estomatología. Maestría de Endodoncia.
19. Miramontes M. J., Garrido P., Mena J., Vera C., Rodríguez N., (2009) "Análisis comparativo de los diferentes sistemas de endodoncia rotatoria: Una revisión", *JADA*; 4(2): 89-95.
20. Albuquerque Matos M., De Ribot J. Ma., Roig Cayón M., (2007) "ProTaper Universal", *Rev Oper Dent Endod*; 5(79).
21. Tulsa Dental Products (2001) "ProTaper manufacturer's instructions for use" Tulsa Dental Products.
22. <http://www.dentsply.co.uk/Products/Endodontics/Endodontic-Files/Rotary-Files/ProTaper-Universal-Rotary.aspx> Visitado 15 de Noviembre de 2011.
23. "RaCe: Un nuevo sistema rotatorio", (2004) *Rev Canal Abierto*; 14: 2–3.
24. http://www.fkg.ch/fileadmin/template/main/images/download/datasheets/fkg_datasheet_race_an_lowr.pdf Visitado 15 de Noviembre de 2011.
25. Stacchiotti Z., (2008) "Primer molar superior preparado con instrumentación mecanizada: Sistema RaCe", *Rev Canal Abierto*; 18: 28–30.
26. Fagundo C., (2005) "Limas RaCe: Secuencia clínica", *Rev Oper Dent Endod*; 5:24.

27. http://www.fkg.ch/fileadmin/template/main/images/download/datasheets/fkg_datasheet_endostand_an_lowr.pdf Visitado 15 de Noviembre de 2011.
28. Gambarini G., (2005) "The K3 rotary nickel titanium instrument system", *Endod Topics*; 10: 179–182.
29. <http://www.sybronendo.com/index/cms-filesystem-action?file=SybronEndo-PDF/k3-vtvt-techcard-2010.pdf> Visitado 15 de Noviembre de 2011.
30. <http://www.sybronendo.com/index/sybronendo-shape-k3-Spanish-02> Visitado 15 de Noviembre de 2011.
31. Schafer E., Lorek H., (2003) "Efficiency of rotary nickel-titanium K3 instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals", *International Endod J*; 36: 199-207.
32. Gambill J. M., Alder M., del Río C. E., (1996) "Comparision of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography", *J Endod*; 22: 369-375.
33. Alcota M., Compán G., Salinas J.C., Palma A.M. (2011) "Comparative in vitro study of root canal transportation, using three nickeltitanium rotary systems: HERO Shaper, ProTaper Universal, and RaCe", *Rev Fac Odontol Univ Antioq*; 23(1): 921.
34. Ounsi H. F., Salameh Z., Al-Shalan T., Ferrari M., Grandini S., Pashley D. H. et al. (2007) "Effect of clinical use on the cyclic fatigue resistance of ProTaper nickel-titanium rotary instruments", *J Endod*; 33(6): 737–741.
35. Schafer E., Vlassis M. (2004) "Comparative investigation of two rotary nickel-titanium instruments: ProTaper versus RaCe. Part 1. Shaping ability in simulated curved Canals", *Int Endod J*; 37(4): 229–238.
36. Paqué F. et al. (2005) "Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary Ni-Ti instruments" *Int Endod J*; 38(1): 8–16.
37. Bregmans L., et al. (2003) "Progressive versus constant tapered shaft desing using NiTi rotary instruments", *Int Endod J*; 36(4): 288–295.
38. Yang G. B., Zhou X. D., Zheng Y. L., Zhang H., Shu Y., Wu H. K., (2007) "Shaping ability of progressive versus constant taper instruments in curved root canals of extracted teeth", *Int Endod J*; 40(9): 707–714.

39. Pecora J., Capelli A. (2004) "Técnica mecanizada para preparación de los canales radiculares: ProTaper". http://www.forp.usp.br/restauradora/rotatorios/protaper_plus/protaper_plus_es_p.pdf visitado el 29 de Diciembre de 2011.
40. West J. (2006) "Progressive taper technology: rationale and clinical technique for the new ProTaper Universal System", *Dent Today*; 25(12): 64, 66–69.
41. Guelzow A., Stamm O., Martus P., Kielbassa A. M. (2005) "Comparative study of six rotary nickel-titanium system and hand instrumentation for root canal preparation", *Int Endod J*; 38(10): 743–752.
42. Ozgur Uyanik M., Cehreli Z. C., Ozgen Mocan B., Tasman Dagli F. (2006) "Comparative evaluation of three nickel-titanium instrumentation systems in human teeth using computed tomography", *J Endod*; 32(7): 668–671.
43. López F. U. et. al. (2008) "Apical transportation: a comparative evaluation of three root canal instrumentation techniques with three different apical diameters", *J Endod*; 34(12): 1545–1548.
44. Ayar L. R., Love R. M. (2004) "Shaping ability of ProFile and K3 rotary Ni-Ti instruments when used in a variable tip sequence in simulated curved root canals" *Int Endod J*; 37(9): 593–601.
45. Li Z. et. Al. (2010) "Comparative study on the shaping ability of canals with 2 new nickel- titanium rotary instruments" *Shanghai Kou Qiang Yi Xue*; 19(1): 100–103.
46. Senem Yigit Ozer (2011) "Comparison of root canal transportation induced by three rotary systems with noncutting tips using computed tomography", *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*; 111: 244–250.
47. Gluskin A. H., Brown D. C., Buchanan L. S., (2001) "A reconstructed computerized tomographic comparison of Ni-Ti rotary GT files versus traditional instruments in canals shaped by novice operators", *Int Endod J*; 34: 476–84.
48. Anguita S., Vera R. (2011) "Estudio comparativo in vitro de la transportación del canal radicular, utilizando tres sistemas rotatorios de níquel-titanio:

Protaper Universal, RaCe y K3” Trabajo de investigación requisito para la obtención del Título de Especialista en Endodoncia. U. de Chile, Facultad de Odontología.