

**COMPARACION DEL DESGASTE LINEAL DE CONDUCTOS
SIMULADOS PREPARADOS CON INSTRUMENTOS MANUALES Y
ROTATORIOS. Un modelo experimental**

Investigadora:

**Patricia Avellaneda D. Od. E.E.
Especialista en Docencia Universitaria**

Co-Investigadores:

**Frederik Erhardt.Od. E.E. Suecia
Jorge Gómez L. Residente de Endodoncia.
Adolfo Marriaga G. Residente de Endodoncia
Alexander Sanchez J. Residente de Endodoncia**

**COLEGIO ODONTOLOGICO COLOMBIANO
AREA DE EDUCACION CONTINUADA
POSTGRADO DE ENDODONCIA
BOGOTA 2006**

**COMPARACION DEL DESGASTE LINEAL DE CONDUCTOS
SIMULADOS PREPARADOS CON INSTRUMENTOS MANUALES Y
ROTATORIOS. Un modelo experimental**

Investigadora:

Patricia Avellaneda D. Od. E.E

Co-Investigadores:

Frederik Erhardt.Od. E.E. S.E.S.

Jorge Gómez L. Residente de Endodoncia.

Adolfo Marriaga G. Residente de Endodoncia

Alexander Sanchez J. Residente de Endodoncia

Trabajo de grado para optar por el titulo de endodoncista

ASESOR METODOLOGICO

Dra. Claudia Hurtado A. Od.

Especialista en Seguridad Social En Salud

COLEGIO ODONTOLOGICO COLOMBIANO

AREA DE EDUCACION CONTINUADA

POSTGRADO ENDODONCIA

BOGOTA 2006

**COMPARACION DEL DESGASTE LINEAL DE CONDUCTOS
SIMULADOS PREPARADOS CON INSTRUMENTOS MANUALES Y
ROTATORIOS. Un modelo experimental**

Investigadora:

Patricia Avellaneda D. Od. E.E

Co-Investigadores:

Frederik Erhardt.Od. E.E. S.E.S.

Jorge Gómez L. Residente de Endodoncia.

Adolfo Marriaga G. Residente de Endodoncia

Alexander Sanchez J. Residente de Endodoncia

ASESOR METODOLOGICO

Dra. Claudia Hurtado A. Od.

Especialista en Seguridad Social En Salud

COLEGIO ODONTOLOGICO COLOMBIANO

AREA DE EDUCACION CONTINUADA

POSTGRADO ENDODONCIA

BOGOTA 2006

TABLA DE CONTENIDO

	PAGINA
Introducción	6
I. ASPECTOS TEÓRICO CIENTÍFICOS	11
1.1 PROBLEMA	11
1.2 JUSTIFICACIÓN	12
1.3 PROPÓSITO	14
1.4 MARCO TEORICO	14
1.5 OBJETIVOS	23
1.5.1 Objetivo General	23
1.5.2 Objetivos Específicos	23
1.6 HIPÓTESIS	24
1.6.1 Hipótesis Nula	24
1.6.2 Hipótesis Alterna	24
II. ASPECTOS METODOLÓGICOS	25
2.1 TIPO DE ESTUDIO	25
2.2 POBLACIÓN DE ESTUDIO	25
2.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN	25
2.3.1 Criterios de inclusión	25
2.4 MUESTREO	25

2.5 MUESTRA	25
2.6 GRUPOS EXPERIMENTALES	25
2.7 VARIABLES DE ESTUDIO	26
2.8 PROCEDIMIENTO	27
2.9 INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS	33
2.10 ANALISIS ESTADISTICO	34
III. RESULTADOS	35
IV. DISCUSION	41
V. CONCLUSIONES	47
VI. RECOMENDACIONES	48
REFERENCIAS	49
ANEXOS	56

INTRODUCCION

La limpieza y conformación del espacio del conducto radicular es el principal objetivo de la preparación endodóntica (1). La forma original del conducto, en ocasiones, son un reto en la porción apical de conductos curvos. Muchos estudios histológicos y anatómicos han demostrado la complejidad de la anatomía del sistema del conducto radicular, incluyendo variaciones de espesor, número, longitud, diámetro y curvatura de los conductos radiculares; y anatomía periférica de la dentina radicular (2,3,4,5). Esta complejidad anatómica debe ser recordada y revisada en detalle como uno de los principales cambios que ocurren durante la preparación del conducto radicular, alterando la morfología y subsecuentemente el pronóstico, por errores de procedimiento tales como escalones, desviaciones transportaciones y perforaciones (6).

Los instrumentos tradicionales de acero inoxidable por a su alto módulo de elasticidad, frecuentemente no logran realizar la forma infundibular del conducto radicular manteniendo la configuración original del conducto curvo sin crear eventos iatrogénicos, necesaria para una adecuada limpieza y obturación, (7, 8)

La aleación de níquel titanio es muy usada en odontología por la superioridad de sus propiedades mecánicas, una alta resistencia a la corrosión (9) y buena biocompatibilidad (10) La introducción de las aleaciones súper elásticas de níquel titanio (NiTi) en la fabricación de instrumentos endodónticos ha simplificado la preparación del sistema de conductos.

Las limas NiTiTEE[®] son un sistema de instrumentos rotatorios con conicidad variable que consiste en una lima K-Finder #15, dos instrumentos para trabajo coronal (12/30 y 8/30) y cinco instrumentos con el sistema "S" modificado diseñado con dos ángulos cortantes de 90° permitiendo una rápida y eficiente instrumentación apical. Su fabricación es en Níquel-Titanio con una punta segura mejorada; se utilizan con la técnica Crown Down con una velocidad entre 150-300 rpm; este sistema fue diseñado por el DR. Fredrick Erhardt, en Estocolmo, Suecia, cumpliendo las normas establecidas por la ISO.

Las limas ProTaper[®] se fabrican bajo dos nuevos conceptos: 1.La sección transversal presenta diseño de una lima K; 2.El instrumento presenta un ahusamiento variable a lo largo de la superficie de corte, este concepto minimiza el número de instrumentos usados en la preparación y también se disminuye la fuerza torsional, incrementando la eficiencia en

el corte. Las limas ProTaper incluyen cinco instrumentos; las limas S1 y S2 dan la forma del conducto; las limas F1,F2,F3, son las limas finales; Después se introdujo el instrumento SX, el cual es usado para ampliar en el tercio cervical del conducto con la técnica Crown-Down, con una velocidad constante entre 250 y 350 rpm; este sistema fue diseñado por el Dr. Clifford Ruddle.

La triada endodóntica unifica tres aspectos de la terapia; el acceso, la preparación permitiendo una completa debridación del conducto dando una forma infundibular, y la obturación tridimensional (11). Gutmann y Lovdal en 1997(12) describen la triada endodóntica enfatizando los aspectos de diagnóstico, anatomía y limpieza. Numerosas técnicas han sido propuestas para la instrumentación de conductos curvos como: la técnica Step-Back (13), técnica anticurvatura (14), técnica Step-Down (15), técnica doble-flare (16), fuerza balanceada (17), Crown – Down. La técnica Crown-Down fue descrita por Marshall F.J and Pappin J.y publicada por Morgan y Montgomery (18), esta técnica remueve el debris y dentina del conducto radicular reduciendo la extrusión fuera del foramen apical. El uso ha sido reportada como superior a la Step-back en la preparación de conductos con rangos de curvatura de 10 a 35°. Se inicia en el tercio cervical, se usa incrementando la longitud y disminuyendo el taper del instrumento, minimizando la transportación del foramen (19).

En las últimas décadas, muchas metodologías han sido descritas para evaluar instrumentación endodóntica, incluyendo bloques acrílicos simulando conductos radiculares (1), su uso fue validado por Lim y Webber 1985 concluyendo que las formas de conductos preparados en dientes humanos extraídos y en bloques de resina son comparables cuantitativa y cualitativamente (20); esto fue corroborado por Pettiette y cols 1999 (21). Los bloques acrílicos simulando conductos radiculares son fabricados estandarizando el diámetro, longitud, radio y curvatura del conducto (22) los cuales pueden dar un modelo experimental constante para valorar los efectos de la preparación del conducto radicular (1). Los cuales han sido ampliamente utilizados. (3,4,5,6,23,24) Por el contrario, el comportamiento respecto a la dureza y la abrasión de la resina acrílica y la dentina no son idénticas (25). El uso de dientes naturales extraídos dada la anatomía radicular compleja y la variabilidad de la dureza de la dentina compromete la estandarización, pero es relevante cuando se evalúa la habilidad de limpieza de una técnica de preparación.

La sustitución de la preparación manual por la rotatoria, ha sido una meta en la práctica clínica para disminuir la fatiga y las dificultades inherentes en la preparación del conducto radicular. Algunos estudios reportan el uso de instrumentos rotatorios y manuales de diferentes marcas, diseños y

aleaciones observando algunas diferencias con mejores resultados en los procedimientos mecánicos (26, 27).

Durante este procedimiento se produce un desgaste de las paredes del conducto que de alguna manera puede afectar la integridad del tejido dentario. La preparación circunferencial del conducto radicular remueve la dentina, reflejando la forma original del conducto, evitando los desgastes excesivos y debilitamiento de las paredes (2). La supervivencia de todas las raíces de un diente pueden depender de la dentina residual, muchos estudios han demostrado una relación directa entre la pérdida de la estructura del diente y la posibilidad de fractura de la corona o la raíz. (28 – 29). El conocimiento del desgaste que producen los instrumentos manuales y rotatorios fundamentará su uso durante la preparación biomecánica del conducto, determinando la seguridad del instrumento, en conductos radiculares curvos y estrechos. Este hecho se hace mas relevante cuando la raíz requiere un retenedor intraradicular.

Resulta de interés, considerar el desgaste realizado en el tratamiento endodóntico con instrumento manual e instrumento rotatorio del diente que va a recibir un procedimiento de rehabilitación oral.

Es importante conocer el desgaste sobre la estructura del diente que puede influir en los casos cuando se va a recibir un procedimiento de rehabilitación oral.

I. ASPECTOS TEORICO CIENTIFICOS

1.1 PROBLEMA

Los objetivos de la instrumentación del conducto radicular son la limpieza y la conformación, manteniendo la vía original del conducto (Schilder 1974).

La preparación ideal para el conducto radicular debe ser de forma infundibular con un diámetro apical pequeño y amplio en el orificio de entrada. Esto no es fácilmente logrado en dientes con conductos curvos y en dientes con anatomía compleja del conducto . La forma infundibular se puede lograr con preparación manual o mecánica de manera óptima y puede ser fácilmente lograda en conductos rectos, sin embargo en conductos curvos estrechos se pueden presentar errores como desviaciones, debilitamiento en las zonas de peligro y transportación del conducto debido a que los instrumentos acero inoxidable tienden a enderezarse dentro de este. (Esposito 1995, Glossen 1995)

Las limas de Ni-Ti son mas flexibles, minimizando las complicaciones en la preparación de conductos curvos y estrechos. (Wu MK, 1995, Zmener 1996, Thompson 1997)

A todos los nuevos instrumentos rotatorios y algunos pocos instrumentos manuales, se les ha incorporado diseños de conicidad mas grandes 00.4 a 0.12 que el estándar ISO 0.02 (6) buscando mejorar la eficiencia de corte.

Recientemente se ha reportado que la preparación con instrumentos rotatorios con mayor conicidad comparados con manuales, es más rápida pero son más costosos y pueden ser susceptibles a la corrosión. Sin embargo, los instrumentos manuales utilizados tenían conicidad 0.02.(7)

Con base en lo anterior, surge el interrogante: ¿Un instrumento fabricado con igual conicidad para ser utilizado en forma manual y en forma rotatoria produce el mismo desgaste durante la conformación del conducto radicular?

1.2 JUSTIFICACION.

La preparación del conducto radicular en forma infundibular permitirá recibir el material de obturación en toda su dimensión logrando el selle tridimensional (Allison 1979). Durante este procedimiento se produce un

desgaste de las paredes del conducto que de alguna manera puede afectar la integridad del tejido dentario.

La remoción de dentina radicular debe mantener la forma original del conducto evitando los desgastes excesivos y debilitamiento de las paredes (Esposito 1995). La supervivencia de la raíz de un diente puede depender de la dentina residual.

Resulta de interés considerar si el desgaste producido por los instrumentos manuales o rotatorios de la misma conicidad permite mantener la forma original del conducto, esto fundamentará su uso durante la preparación biomecánica del conducto, determinando su seguridad, en conductos radiculares curvos y estrechos.

Si adicionalmente estos dientes requieren retenedores intraradiculares para su restauración, pueden ser más susceptibles a la fractura radicular.

Resulta de interés para el Rehabilitador Oral quien ha planeado su tratamiento sobre el tejido remanente, considerar si el desgaste realizado en el tratamiento endodòntico con instrumento manual e instrumento rotatorio, podría afectar la solidez estructural.

1.3 PROPOSITO

Determinar el desgaste lineal de la preparación de conductos simulados con instrumento manual e instrumento rotatorio ProTaper® y instrumento rotatorio NitiTEE® usado en forma mecánica y manual, diseñando un modelo experimental.

1.4 MARCO TEORICO

La limpieza y conformación del espacio del conducto radicular es el principal objetivo de la preparación endodóntica (Weine 1975). El propósito de la conformación durante la instrumentación es crear continuamente una forma cónica par, mientras que la limpieza esta acompañada del uso de irritantes (Song 2004). El mantener la forma original del conducto es también importante y es mayor el reto en conductos curvos estrechos, los cuales presentan curvas e inclinaciones que puede no ser aparentes en una radiografía convencional. (Pucci 1944) la conformación del conducto se logra fácilmente en un canal recto, pero en canales curvos, hay una tendencia a transportar el canal del su eje original (Song 2004). Esto es especialmente crítico en las regiones de

peligro por disminución del espesor de la dentina (Pucci 1944), adicionalmente, la ampliación de un canal radicular curvo con algunas limas tradicionales como son las de acero inoxidable y limas de mayor tamaño cortan indiscriminadamente y se enderezan dentro del conducto radicular, en estas regiones se puede presentar errores de procedimiento tales como escalones desviaciones transportaciones y perforaciones, que pueden disminuir la posibilidad de lograr un tratamiento exitoso. En el pasado, se fabricaron limas y ensanchadores de acero al carbón o acero inoxidable. El alto modulo de elasticidad de estos materiales dificultan la negociación de conductos curvos estrechos con limas de mayor tamaño. Varias técnicas de instrumentación fueron desarrolladas para intentar minimizar este problema (Song 2004, Abou-Rass 1980). Con la aparición de instrumentos de mayor conicidad, la técnica Crown-Down es recomendada por los fabricantes. Esta técnica es un método biológicamente ideal porque controla el movimiento del contenido del conducto evitando su extrusión al área periapical, mejora la lubricación del conducto, disminuye la curvatura. Se utilizan instrumentos de mayor diámetro en el tercio cervical antes de llegar al tercio apical con los instrumentos de menor calibre, además de disminuir las curvaturas y no producir efectos indeseables (Roane 1985). Por tal razón, es la técnica recomendada para el uso de estos instrumentos con mayor conicidad.

Con la introducción de la aleación nitinol a la endodoncia, empieza a estar disponible un sistema metalúrgico diferente, las limas de aleación de níquel titanio (Ni-Ti) tienen 2 o 3 veces más elasticidad de endoblamiento y torsión comparada con otros diseños fabricados en acero inoxidable (Walia 1988). Asimismo (Ni-Ti) posee alta flexibilidad y resistencia torcional a la instrumentación puede ser más efectiva disminuyendo aberraciones del canal (Song 2004) Ni-Ti es también más resiliente que el acero inoxidable, permitiendo conservar la forma después de una carga. El fenómeno de memoria fue el resultado de la temperatura inducida por la transformación cristalográfica (Walia 1988). Los bajos módulos de elasticidad de Ni-Ti han permitido que los instrumentos sean manufacturados para el uso de técnicas rotativas para la preparación del canal radicular. (Miyai 2006) conjuntamente Las características metalúrgicas únicas del níquel titanio han permitido desarrollar instrumentos rotatorios relativamente seguros. Los nuevos sistemas incorporan instrumentos con un ahusamiento mayor en el diseño estándar de ISO 0.02, están disponibles con ahusamientos que se extienden a partir de la 0.04 a 0.12.

La instrumentación de canales curvos es facilitada por el uso de estos instrumentos de NI-TI muchos estudios han observado que estos instrumentos son más centrados y las preparaciones son mejores (Miyai

2006)

La aleación del Ni-Ti se utiliza extensamente en odontología debido a sus características mecánicas superiores, alta resistencia a la corrosión y buena biocompatibilidad. La estupenda elasticidad, asociada a la transformación martensita siendo una característica única de esta aleación. En endodoncia, los instrumentos del Ni-Ti son estupendos para facilitar la instrumentación de canales curvos y una preparación eficiente del canal radicular. Los diferentes tipos de instrumentos con diversos diseños, formas seccionadas transversalmente y procesos de fabricación se han desarrollado. La forma seccionada transversalmente es importante porque determina directamente las características torsionales y flexionales de los instrumentos. (Miyai 2006)

El comportamiento en la fase de transformación de la aleación de Ni-Ti es influenciado por diferentes factores, incluyendo cambios en su composición, características de trabajo y numerosas diferencias en el tratamiento. Las características mecánicas de los instrumentos endodónticos de Ni-Ti varían notoriamente, este factor puede afectar el funcionamiento clínico alcanzado con estos instrumentos. Una alta densidad de defectos en la aleación es causada por un sobre-trabajo de las limas esto podría influir en la transformación de la fase y el estado superficial del instrumento como factor importante para la iniciación de la

fractura. (Miyai 2006)

Durante la década pasada, varios instrumentos nuevos de Ni-Ti para el tratamiento endodòntico se han ampliado. Aunque la seguridad de trabajo de instrumentos rotatorios se ha discutido en diversos modos, varias investigaciones han demostrado la capacidad de nuevos sistemas rotatorios de Ni-Ti para mantener el canal original y la curvatura del canal de la raíz. Para mejorar la seguridad de trabajo y disminuir el tiempo de preparación creando una preparación cónica se avanzó en los diseños del instrumento con las extremidades no cortantes, diversas secciones representativas, resistencia a la fractura torsional y diferentes ahusamientos. (Guelzow 2005)

La técnica clásica de preparación para el canal radicular ha sido evaluada y comparada para establecer el protocolo de trabajo. Sin embargo la sustitución de la preparación manual por la técnica mecánica, ha sido un objetivo en la práctica clínica, así se puede disminuir la fatiga y las dificultades inherentes en la preparación del conducto radicular cuando se prepara manualmente. Algunos estudios reportan el uso de instrumentos rotatorios y manuales con diferentes marcas, diseños y aleaciones observando algunas diferencias con mejores resultados en los procedimientos mecánicos comparados con la técnica manual (Jungmann 1975, Ponti 2002, Schafer 2003, Guelzow 2005, Schafer 2005).

El sistema ProTaper (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) es un sistema rotatorio de NiTi que fue diseñado para realizar un corte eficaz y mejorar la flexibilidad de los instrumentos. Los Instrumentos de ensanchamiento del sistema tienen ahusamientos cada vez más grandes sobre la longitud de sus láminas del corte. (Peng 2005)

Los instrumentos de ProTaper NiTi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) representan una nueva generación de los instrumentos para conformar el conducto radicular. Una característica única de los instrumentos ProTaper es que cada uno tiene ahusamientos en porcentaje que cambian sobre la longitud de sus láminas del corte. Los instrumentos ProTaper también tienen secciones representativas convexas, triangulares, un ángulo helicoidal que cambia y se ensancha sobre sus láminas, una punta de guía modificada y no cortante. El sistema ProTaper abarca tres instrumentos el conformación y tres que acabado. (Clifford 2005)

Los instrumentos No. 1 (S1) y No. 2 (S2), tienen anillos púrpuras y blancos para su identificación. Los instrumentos S1 y S2 tienen diámetros de 0.17 y 0.20 milímetro, respectivamente, y sus diámetros máximos son de D14. El instrumento de conformación auxiliar (Sx) no tiene ningún anillo de la identificación es de color dorado y se longitud es de 19 milímetros. La Sx tiene un diámetro de 0.19 mm y un diámetro D14. Los

instrumentos preparan un área específica del canal y realizan una preparación crown down. El instrumento Sx tiene un índice mucho más rápido del ahusamiento entre D1 y D9 con respecto a las otras limas ProTaper, se utiliza para una óptima conformación de los canales en coronal. Los tres instrumentos de acabado F1, F2 y F3 tienen identificación amarilla, roja y azul correspondiendo a diámetros y ahusamientos apical de 20/07, 25/08 y 30/09, respectivamente. De D4 a D14 tiene un ahusamiento de porcentaje que disminuye. (Clifford 2005)

Las limas NiTiTEE[®] son un sistema de instrumentos rotatorios con conicidad variable que consiste en una lima K-Finder, dos instrumentos para trabajo coronal (12/30 y 8/30) y cinco instrumentos con el sistema "S" modificado diseñado con dos ángulos cortantes de 90° permitiendo una rápida y eficiente instrumentación apical. Su fabricación en Níquel-Titanio superflexible con una punta segura mejorada permite que los instrumentos (NiTiTEE[®]) alcancen fácilmente todos los conductos curvos minimizando las perforaciones, escalones y transportaciones; este sistema fue diseñado por el DR. Fredrick Erhardt, en Estocolmo, Suecia, cumpliendo las normas establecidas por la ISO; se utilizan con la técnica Crown Down con una velocidad promedio de 150-300 r.p.m.; se inicia con la lima K-Finder hasta aproximadamente 2/3 del conducto; el tercio cervical inicialmente se prepara con la lima 12/30, se continúa con el

instrumento 8/30 hasta alcanzar la totalidad del tercio cervical o la mitad de la longitud del conducto, se debe trabajar con movimientos suaves de arriba hacia abajo sin forzar el instrumento en el conducto. Continuar consecutivamente hacia apical con los instrumentos 6/30, 4/30 y para alcanzar la longitud de trabajo 4/25, si no es alcanzado se debe utilizar el instrumento 4/20. Repitiendo el procedimiento, controlando la longitud de trabajo con la lima K-Finder, la preparación apical inicia con instrumentos delgados y debe ir aumentando progresivamente (técnica Step-Back). (Serene 1995, Jodway 2006)

Los conductos radiculares simulados en modelos acrílicos son fabricados con tamaño, forma y grado de curvatura predeterminada, los cuales pueden dar un modelo experimental constante para valorar los efectos de la preparación del conducto radicular (Weine 1975). Los efectos de la morfología del conducto después de la instrumentación biomecánica, ha sido valorado, comparando el modelo con dientes humanos extraídos y bloques de resina simulando conductos, concluyendo que las formas de conductos preparados en dientes humanos extraídos y en bloques de resina son comparables cuantitativamente y cualitativamente y que el uso de canales simulados se presenta como válido (Lim 1985) por tal razón, Los bloques de resina simulando conductos radiculares ha sido ampliamente utilizado (Thompson 1997, Bryant 1998, Thompson 2000,

Hata 2002, Schafer 2005).

Varias investigaciones en la capacidad de conformación de instrumentos y técnicas para la preparación del canal radicular se han realizado usando los canales simulados radiculares en bloques de la resina. El uso de canales simulados radiculares en bloques de la resina permite la estandarización del grado, localización y radio de curvatura del canal radicular en tres dimensiones así como la dureza del tejido y la anchura de los canales radiculares. Las técnicas usadas de superposición pre y de contornos postoperatorios del canal radicular se pueden aplicar fácilmente a estos modelos que facilitan así la medida de desviaciones en cualquier punto de los canales radiculares usando la medida basada en la radiografía. Este modelo garantiza un alto grado de reproducibilidad y estandarización del diseño experimental. Se ha sugerido que los resultados de estudios se pueden transferir a los dientes humanos. Sin embargo, una cierta preocupación se ha expresado con respecto a las diferencias en dureza entre el esmalte dental y la resina. La micro dureza del esmalte dental se ha medido a 35-40 kg/mm² cerca del espacio de la pulpa, mientras que la dureza de los materiales de la resina usados para los canales simulados radiculares se estima a partir del 20 a 22 Kg/mm² dependiendo del material usado. Para el retiro del esmalte dental natural la fuerza requerida tuvo que ser doble a la requerida para la resina.

Además, se ha criticado que el tamaño de las virutas de la resina y de las virutas naturales del esmalte dental no son idénticas, dando como resultado obstrucciones frecuentes del espacio y dificultades apicales del canal radicular en los canales de la resina. En consecuencia, los datos sobre seguridad a la hora de trabajo y funcionamiento de los estudios que usan bloques de la resina pueden no ser transferibles al ambiente clínica. (Hulsmann 2005)

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Determinar el desgaste lineal producido por instrumentos manuales y rotatorios ProTaper y NiTi-TEE durante la preparación de conductos un modelo experimental.

1.5.2 Objetivos Especificos.

Diseñar un modelo experimental que permita determinar el desgaste lineal de un conducto radicular

Determinar el desgaste lineal producido en la preparación de conductos simulados con:

- Instrumentos rotatorios y manuales ProTaper® (Dentsply).
- Instrumentos rotatorios NiTi-TEE (Sendoline) usados en forma mecánica y manual.

1.6 HIPOTESIS.

1.6.1 HIPOTESIS NULA.

No existen diferencias significativas en el desgaste lineal en la preparación con instrumentación rotatoria y manual ProTaper® (Dentsply) e instrumentación NiTi-TEE (Sendoline) usados en forma mecánica y manual en conductos simulados $p \leq 0.05$.

1.6.2 HIPOTESIS ALTERNA.

Existen diferencias significativas en el desgaste lineal en la preparación con instrumentación rotatoria y manual ProTaper® (Dentsply) e instrumentación NiTi-TEE (sendoline) usados en forma mecánica y manual en conductos simulados $p \leq 0.05$.

II. ASPECTOS METODOLOGICOS.

2.1 TIPO DE ESTUDIO.

Experimental fase I

2.2 POBLACION.

50 Conductos simulados en cubos acrílicos.

2.3 CRITERIO DE SELECCIÓN.

2.3.1 CRITERIOS DE INCLUSION.

Cubos con conicidad estandarizada ISO, con angulación de 30 grados, viables

2.4 MUESTREO

Probabilística

2.5 MUESTRA

50 conductos simulados en bloques acrílicos

2.6 GRUPOS EXPERIMENTALES.

Grupo A: 10 conductos simulados Instrumentados con ProTaper® (Dentsply) rotatorio.

Grupo B: 10 conductos simulados Instrumentados con ProTaper® (Dentsply) manual.

Grupo C: 10 conductos simulados Instrumentados NitiTEE® (Sendoline) rotatorio.

Grupo D: 10 conductos simulados Instrumentados NitiTEE®

(Sendoline) rotatorio en forma manual.

Grupo E: 10 conductos simulados sin instrumentar.

2.7 VARIABLES

2.7.1 VARIABLE DEPENDIENTE.

La cantidad de resina removida del canal simulado después de la preparación.

2.7.2 VARIABLE INDEPENDIENTE.

- Instrumentos rotatorios y manuales ProTaper® (Dentsply).

- Instrumentos rotatorios NiTi-TEE (Sendoline) en forma mecánica y manual.

VARIABLES	DEFINICION	OPERACIONALIZACION	CATEGORIZACION	ESCALA DE MEDICION	CLASIFICACION	INSTRUMENTO DE MEDICION
DESGASTE LINEAL	CANTIDAD DE RESINA REMOVIDA DURANTE LA PREPARACION DEL CONDUCTO SIMULADO	Mm	Cuantitativa	continua	Dependiente	visual
LIMAS MANUALE Y ROTATORIAS	INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA LA PREPARACION DEL CONDUCTO RADICUR DE FORMA MANUAL Y MECANICA	ProTaper® NiTi-TEE (Sendoline)	Politonica Cualitativa	nominal	independiente	visual

2.8 PROCEDIMIENTO

Para describir la técnica se definirá cuando se haga referencia al antes, a todas aquellas mediciones y procedimientos realizados previos a la preparación de los conductos simulados. Así mismo se definirá el después como todos aquellas mediciones y procedimientos realizados posteriores a la preparación de los conductos simulados.

Aleatoriamente se distribuyeron en 5 grupos de diez cubos cada uno para ser preparados así: el grupo A con instrumentos rotatorios Protaper®; el grupo B para preparación manual con instrumentos ProTaper®; el grupo C con instrumentos rotatorios NiTi TEE®; el grupo D con instrumentos NiTi TEE® usados en forma manual y el grupo E no recibió ningún tipo de preparación. Cada cubo se empacó en una bolsa plástica en forma independiente con rotulado para su numeración de acuerdo al grupo a que pertenecía.

Los conductos simulados se prepararon con la técnica Crown Down. El grupo A se preparó con motor Tecnika® (Dentsply) de acuerdo al programa específico para las limas ProTaper® de la casa Dentsply Maillefer y de acuerdo a las recomendaciones del fabricante para estos instrumentos. La secuencia se inició con el uso de instrumentos manuales tipo K #10 y 15 en forma pasiva hasta que quedaran sueltos, se utilizó la SX para aumentar la conicidad de los dos primeros tercios del canal, se continuó con una lima S1 hasta que pasivamente su parte apical llegara

hasta donde llegaron las limas manuales, se recapitulo hasta ensanchar los dos tercios coronales del conducto, se negoció el resto del conducto con una lima 10 y se estableció la longitud de trabajo con una lima #15, cuando existía un paso suave hasta la porción apical se llevo secuencialmente la S1 y luego S2 a longitud de trabajo. Posteriormente se llevo el instrumento F1 a longitud de trabajo. Se midió la parte apical con una lima manual 20 observando que esta se trababa en apical lo que indicaba que el conducto estaba preparado. Entre instrumento e instrumento se irriego con agua destilada y se limpiaron las estrías permanentemente y se realizaron movimientos de barrido en el uso de cada instrumento.

El Grupo B fue preparado con instrumentos de la casa Dentsply Maillefer marca ProTaper® diseñados para uso manual con iguales conicidades de los de uso rotatorio. La preparación se realizó en la misma secuencia y forma que la realizada en el grupo A pero con la recomendación de los movimientos por parte del fabricante donde se introducía el instrumento en sentido de las agujas del reloj hasta encontrar resistencia y retirando el instrumento en un movimiento rotario $\frac{1}{4}$ de vuelta en sentido contrario. De esta forma se cortó el acrílico en sentido de las agujas del reloj y se retiró la lima al mismo tiempo en cada movimiento.

Instrumento	D1	Nivel del conducto
tipo K #10	0.10	2/3
tipo K #15	0.15	2/3
Sx	0.19	2/3
S1	0.17	2/3
tipo K #10	0.10	Tercio apical
tipo K #15	0.15	Longitud de trabajo
S1	0.17	Longitud de trabajo
S2	0.20	Longitud de trabajo
F1	0.20	Longitud de trabajo
tipo K #20	0.20	Longitud de trabajo

Para el grupo C se utilizaron instrumentos NiTi TEE® de la casa Sendoline para uso rotatorio verificando patencia con una lima #10 al iniciar y durante el uso de cada instrumento, irrigando con agua destilada y limpiando las estrías permanentemente.. La secuencia utilizada se inicio para la porción superior del conducto con limas 12/30 y 8/30, se preparo la porción media con instrumentos 6/30 y 4/30, para alcanzar la longitud trabajo se usaron 4/25 y 4/20. Se empleo un motor Tecnika® (Dentsply). Se realizaron movimiento de barrido durante la preparación

La preparación del grupo D se realizo empleando limas NiTiTEE® de la casa Sendoline usadas en forma manual se realizaron movimientos de avance en sentido de las manecillas del reloj y retirando el instrumento

con movimiento en $\frac{1}{4}$ de vuelta contrario a las manecillas. Se siguió la misma secuencia del grupo anterior irrigando con agua y comprobando la patencia al iniciar y entre el uso de cada lima.

Instrumento	D1	Nivel del conducto
Tipo K #10	0.10	Patentecidad
K-Finder 12/30	0.30	1/3
K-Finder 8/30	0.30	1/3
6/30	0.30	2/3
4/30	0.30	2/3
4/25	0.25	Longitud de trabajo
4/20	0.20	Longitud de trabajo
tipo K #20	0.20	Longitud de trabajo

En el grupo E no se realizó ningún tipo de preparación.

Cada bloque se llenó con solución líquida de yodo radioactivo Optiray® 320, utilizando una jeringa monoject con punta calibre 27. Se diseñó una plantilla circular que ajustara en la parte interna del cono del equipo radiográfico, a la cual se le creó un espacio para posicionar los cubos con

un tamaño de 1x3 cm. Se realizaron unas marcas en el reverso de la plantilla para lograr fijar en la misma posición la película radiográfica.

De esta forma cada cubo se cargó en el espacio de la plantilla con una película periapical Kodak® Insiht en la parte posterior y se tomó la radiografía con un equipo radiográfico marca Sandri, ajustado a 10x miliamperios y 70 Kv con una exposición de 0.7 segundos, dirigiendo el cono perpendicular al plano horizontal y apoyado sobre este, para obtener la radiografía estandarizada de cada muestra. Se procedió al revelado de cada película en un Peri-Pro® Air Techniques Inc. Seguidamente las radiografías se montaron en un carrusel de diapositivas en numeración.

Para determinar los cortes de las mediciones lineales pos instrumentación se determinó el ángulo de la curvatura. De acuerdo a este procedimiento se usó la técnica de Schneider (1971) sobre la proyección de los cubos acrílicos en posición vestíbulo-lingual, a una escala de 1:10.

El modelo experimental utilizado en este estudio modificó la técnica utilizada por Schneider (1971) para observar los grados de curvatura de los conductos radiculares.

Para las mediciones lineales se marcaron tres puntos en el tramo de la curvatura determinados de la siguiente manera:

Se trazo una línea recta a lo largo del eje longitudinal del conducto (1-2); una segunda línea desde el foramen apical hasta el punto donde el conducto deja el eje longitudinal (3-4), sitio en el cual se inicia la curvatura.

La primera medición (A) se realizara en un punto que se ubicara a 3mm del punto 4 en dirección 2, La segunda medición (B) en el punto 4 y la tercera medición (C) en un punto que se ubicara a partir de la perpendicular trazada a 3mm en dirección 4-3. Ver Fig. 1.

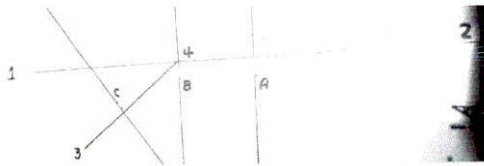


Figura 1.

Los datos de la medida del espacio del conducto simulado a partir de los puntos A, B, y C antes y después de la instrumentación fueron consignados en el instrumento de recolección de datos de acuerdo al grupo.

Las mediciones del espacio del conducto simulado pos instrumentación fueron consignados en el instrumento de recolección de datos de acuerdo al grupo.

Para detectar si existen diferencias del desgaste entre las limas ProTaper rotatorias y manuales, y las limas NiTi TEE rotatorias usadas en forma mecánica y manual, los datos fueron tabulados en el programa Excel versión 2000, procesado en SPSS versión 12 y analizados con la prueba ANOVA. Un nivel de $p \leq 0.05$ fue considerado significativo.

2.9 INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCION DE DATOS

Se realizo una tabla donde se consignaron los datos recolectados para cada grupo de instrumentos referentes al desgaste por unidad de volumen de los conductos simulados antes y después de la preparación.

ANEZO 1- Cubos sin instrumentar

ANEXO 2 - Instrumentos rotatorios ProTaper® (Dentsply)

ANEXO 3 - Instrumentos manuales ProTaper® (Dentsply)

ANEXO 4 - Instrumentos rotatorios NiTi-TEE (sendoline).

ANEXO 5 - Instrumentos rotatorios NiTi-TEE (sendoline) usados en forma manual.

(Ver Anexos)

2.10 ANALISIS ESTADISTICO

Para detectar si existen diferencias del desgaste entre las limas ProTaper rotatorias y manuales, y las limas NiTi TEE rotatorias usadas en forma mecánica y manual, los datos fueron tabulados en el programa Excel versión 2000, procesado en SPSS versión 12 y analizados con la prueba ANOVA. Un nivel de $p \leq 0.05$ fue considerado significativo.

III. RESULTADOS

Se encontró diferencias significativas entre los grupos de limas ajustadas a los puntos A,B,C y el grupo sin preparar ($p=0.000$).

Se encontró diferencia en el desgaste del punto A con las limas ProTaper manuales con un promedio \pm error estandar de $0.860 \pm .0567$ significativamente mayor que las limas ProTaper rotatorias con un promedio de $0.785 \pm .0474$ ($p=0.005$).

Se encontró diferencia en el desgaste del punto A con las limas NiTi TEE manuales con un promedio \pm error estandar de $0.625 \pm .048$ significativamente menor que las limas NiTi TEE rotatorias con un promedio de $0.805 \pm .059$ ($p=0.000$). (Tabla 1, Grafico 1).

Tabla 1. Análisis de varianza de la diferencia en el desgaste en el punto A

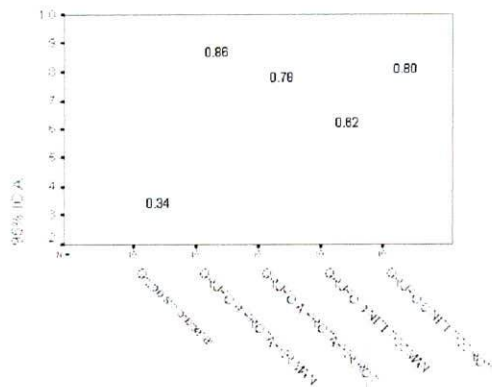
GRUPO	N	Media	Desviación S.
A: Protaper rotatorio	10	0.785000	0.0474342
B: Protaper	10	0.860000	0.0567646

manual			
C: Niti TEE rotatorio	10	0.805000	0.0598609
D: Niti TEE manual	10	0.625000	0.0485913
E: Sin preparar	10	0.340000	

Fuente: Medidas descriptivas del desgaste lineal en el punto A

Grafico 1. Promedio de la diferencia entre el desgaste según el punto

A



Fuente: Medidas descriptivas del desgaste lineal en el punto A

Se encontró diferencia en el desgaste del punto B con las limas ProTaper manuales con un promedio \pm error estandar de $0.840 \pm .069$

significativamente mayor que las limas ProTaper rotatorias con un promedio de $0.725 \pm .0634$ ($p=0.001$).

Se encontró diferencia en el desgaste del punto A con las limas NiTi TEE manuales con un promedio \pm error estandar de $0.580 \pm .034$ significativamente menor que las limas NiTi TEE rotatorias con un promedio de $0.700 \pm .052$ ($p=0.000$). (Tabla 2, Grafico 2).

Tabla 2. Análisis de varianza de la diferencia en el desgaste en el punto B

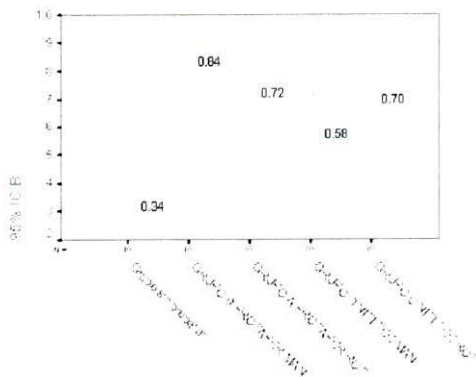
GRUPO	N	Media	Desviación S.
A: Protaper rotatorio	10	0.725000	0.063465
B: Protaper manual	10	0.840000	0.069921
C: Niti TEE rotatorio	10	0.700000	0.052705
D: Niti	10	0.580000	0.034960

TEE			
manual			
E: Sin preparar	10	0.310000	

Fuente: Medidas descriptivas del desgaste lineal en el punto B

Grafico 2. Promedio de la diferencia entre el desgaste según el punto

B



Fuente: Medidas descriptivas del desgaste lineal en el punto B

Se encontró diferencia en el desgaste del punto C con las limas ProTaper manuales con un promedio \pm error estandar de $0.465 \pm .062$ significativamente mayor que las limas ProTaper rotatorias con un promedio de de $0.405 \pm .049$ ($p=0.029$).

Se encontró diferencia en el desgaste del punto C con las limas NiTi TEE manuales con un promedio \pm error estandar de $0.330 \pm .025$ significativamente menor que las limas NiTi TEE rotatorias con un promedio de $0.370 \pm .034$ ($p=0.009$). (Tabla 3, Grafico 3).

Tabla 3. Análisis de varianza de la diferencia en el desgaste en el punto C

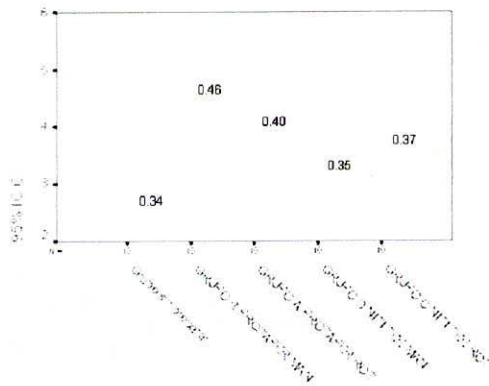
GRUPO	N	Media	Desviación S.
A: Protaper rotatorio	10	0.40500	0.049721
B: Protaper manual	10	0.46500	0.062583
C: Niti TEE rotatorio	10	0.37000	0.034960
D: Niti TEE manual	10	0.33000	0.025820
E: Sin	10	0.27000	

preparar			
----------	--	--	--

Fuente: Medidas descriptivas del desgaste lineal en el punto C

Grafico 3. Promedio de la diferencia entre el desgaste según el punto

C.



Fuente: Medidas descriptivas del desgaste lineal en el punto C

IV. DISCUSION

A través del modelo experimental se pudo observar diferencias estadísticamente significativas en el desgaste producido por los instrumentos manuales y rotatorios ProTaper y rotatorios NiTi TEE usados en forma manual y mecánica.

Los errores de procedimiento son la consecuencia de la preparación de conductos curvos con instrumentos con baja flexibilidad. En el presente estudio se observó diferencia estadísticamente significativa en los puntos A,B,C del tramo de la curvatura de los conductos instrumentados con las limas de los grupos ProTaper y las limas de los grupos NiTi TEE. Siendo mayor el desgaste en el punto A seguido del B y el C. Esto sugiere que los instrumentos no produjeron errores de procedimiento. De este modo, la flexibilidad de las limas rotatoria y manuales usadas en el estudio mostraron una adecuada conformación de los conductos curvos simulados, acorde con los estudios de Glosson y col 1995(30), Peters y col 1997(31), Short y col 1997(32), Hulsmann y col 2003(33) utilizando instrumentos de Ni-Ti.

Los resultados obtenidos en este estudio indican diferencia estadísticamente significativa en los puntos A,B,C en el tramo de la curvatura de los conductos simulados instrumentados con las limas de los grupos NiTi TEE, donde fue mayor el desgaste con limas rotatorias. Este hallazgo permite sugerir el uso de las limas ProTaper rotatorias y manuales NiTi TEE en terminos de desgaste del conducto a nivel del tramo de la curvatura.

En el presente estudio se observo diferencia estadísticamente significativa en los puntos A,B,C del tramo de la curvatura de los conductos simulados instrumentados con las limas de los grupos ProTaper, observandose mayor desgaste con las manuales mientras que, en los grupos NiTi TEE, fue mayor el desgaste con limas rotatorias. Esto posiblemente se debio a que las limas NiTi TEE ysadas en forma manual dificultaron la manipulación por la falta de un mango que evitira el deslizamiento del intrumento duramnte la preparación; contrariamente las limas manuales ProTaper con mango ergonomico posiblemente le dieron mas facilidad de manipulación.

Hubo diferencia estadísticamente significativa en los puntos A,B,C en el tramo de la curvatura de los conductos simulados instrumentados con las limas de los grupos NiTi TEE, donde fue mayor el desgaste con limas

rotatorias. Este hallazgo permite sugerir el uso de las limas ProTaper rotatorias y manuales NiTi TEE en terminos de desgaste del conducto a nivel del tramo de la curvatura.

A pesar de que en este estudio no se tuvo en cuenta el tiempo de trabajo, la reducción en el número de instrumentos del Kit de limas ProTaper, sugeriría menor tiempo de trabajo para realizar la instrumentación. En el presente estudio se invirtió menor tiempo al instrumentar con limas NiTi TEE frente a las limas ProTaper, como se observo en el estudio Avellaneda y cols 2003(34) al comparar el desgaste de cemento-dentina en raíces mesiales de molares inferiores con limas rotatorias ProTaper y NiTi TEE; y en el estudio de Jodway y Hulsmann (35) al comparar las limas NiTi TEE y K3; ellos lo atribuyeron en parte al gran numero de instrumentos (10) en la secuencia de K3.

La evidencia sugiere que los instrumentos rotatorios NiTi facilitan la preparación del conducto con mínima o sin transportación del conducto (36). Sin embargo, en estudios previos ha sido reportado un alto numero de instrumentos fracturados (por encima del 10%) para las limas de Ni-Ti (37), indicando que los instrumentos de NiTi son mas susceptibles a la fractura que los instrumentos convencionales de acero inoxidable; de la misma manera, Barbakow y Lutz 1997 observaron mas fracturas con

sistemas rotatorios que con instrumentación manual convencional, refiriendo que ocurrió aun después de cursos introductorios avanzados. Consecuentemente, los parámetros físicos del mecanismo de fractura de los instrumentos endodónticos rotatorios son de considerable interés. Sattapan y cols 2001 (38) presentan dos mecanismos de fractura diferente: fractura torsional y fractura flexural. Las fracturas torsionales ocurren cuando un instrumento en rotación es forzado en la porción apical de conductos radiculares estrechos. El incremento de fricción en este punto, requirió un alto torque para rotar el instrumento, y la fragilidad de la punta del instrumento esta sujeto al excesivo torque (39). Este efecto ocurre en instrumentos con puntas de diámetros variados y con similar conicidad que con instrumentos de taper variable (40). Consecuentemente, una de las características del diseño de los instrumentos ProTaper es un taper variable a lo largo de la parte cortante del instrumento.

El doblamiento repetido en conductos curvos causa fatiga del metal y por consiguiente la fractura (38). Estudios in vitro indican que los instrumentos rotatorios de NiTi tienen una vida fatiga predefinida y son capaces de resistir entre 250 y 500 rotaciones en conductos simulados metálicos con curvaturas de 90 grados y 5mm de radio (41, 42).

Los factores relacionados con el operador y habilidad clínica también son factores que se relacionan con la fractura de instrumentos (43) por tal razón, se han desarrollado motores y piezas de mano para simplificar el uso de instrumentos rotatorios NiTi. Algunos de esos cuentan con sistemas de torque limitado, los operadores usaran una variación de fuerza directa apicalmente y velocidad de inserción. La fuerza directa apicalmente es aumentada cuando se preparan conductos estrechos. Sin embargo, esta cantidad de fuerza no produce excesivo torque y no causa fractura de los instrumentos, posiblemente porque se mantiene la patenticidad con una lima K #15. Por otra parte, el tiempo requerido para preparar los conductos puede diferir, y consecuentemente, el riesgo a la fatiga fractura varia. Adicionalmente, el numero de rotaciones durante la formación de conductos simulados ha considerado que ocurra fatiga cíclica. Esto se correlaciono con el volumen del conducto y funcionamiento respecto al torque y fuerza similar aplicada. Peters y col 2003(44) observaron que se requería mas de 50 rotaciones para preparar un conductos muy estrecho. Consecuentemente, ellos recomiendan usar 4 o 5 veces las limas de conformación ProTaper en conductos muy estrechos. No se encontraron publicaciones sobre la seguridad de NiTi TEE.

En el presente estudio, previamente el operador se familiarizo con ambos sistemas de limas, utilizo 5 veces cada lima verificando la patenticidad con lima K #15 entre cada instrumento. Observo que ocurrio fractura de 2 limas ProTaper rotatorias, 2 limas ProTaper manuales y 3 limas (NiTi TEE) usadas mecánicamente.

de la curvatura del conducto simulado y el grupo sin preparar

Bajo las condiciones de este estudio

El desgaste producido con las limas ProTaper en la curvatura del conducto simulado fue significativamente mayor con limas manuales que con las rotatorias

El desgaste producido con las limas NiTi TEE en la curvatura del conducto simulado fue significativamente mayor con limas manuales que con las rotatorias.

El modelo experimental utilizado permite medir linealmente el conducto en cualquier punto de manera estandarizada.

V. CONCLUSIONES

Hubo diferencia estadísticamente significativa entre los tipos de limas ajustadas a los puntos A,B,C de la curvatura del conducto simulado y el grupo sin preparar.

Bajo las condiciones de este estudio:

El desgaste producido con las limas ProTaper en la curvatura del conducto simulado fue significativamente mayor con limas manuales que con las rotatorias.

El desgaste producido con las limas NiTi TEE en la curvatura del conducto simulado fue significativamente mayor con limas manuales que con las rotatorias.

El modelo experimental utilizado permite medir linealmente el conducto en cualquier punto de manera estandarizada.

VII. RECOMENDACIONES

Los investigadores recomiendan realizar estudios similares en dientes.

REFERENCIAS

1. Schilder H. Clearing and shaping the root canal. *Dent Clin North Am.* 1974; 18: 269-97.
2. Esposito PT, Cunningham CJ. A comparison of canal preparation with nickel-titanium and stainless steel instruments. *J. Endodon* 1995; 21: 173-6.
3. Glossen CR, Haller RH, Dove SB, Del Rio CE. A comparison of canal preparation using Ni-Ti hand, Ni-Ti engine-driven and K-Flex endodontic instruments. *J. Endodon* 1995; 21: 146-50.
4. Wu MK, Wesselink PR. Efficacy of three techniques in cleaning the apical portion of curved root canals. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology.* 1995. 79. 492-6.
5. Zmener O. Banegas G. Comparison of three instrumentation techniques in the preparation of simulated curved root canals. *International Endodontic J.* 1996. 29: 315-9.
6. Thompson SA, Dummer PMH. Shaping ability of ProFile .04 Taper Series 29 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals Part 1. *International Endodontic J.* 1997. 30: 1-7.

7. Allison D, Weber C, Walton R. The influence of the method of canal preparation on the quality of apical and coronal obturation. *J of Endodon* 1979; 5: 10 298-304.
8. Weine FS, Nelly RF, Lio PJ. The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *J. Endodon* 1975; 1: 255-62.
9. Pucci FM, Reig R. *Conductos radiculares. Vol II. Buenos Aires: Editorial Medico-Quirurgica, 1944: 289-95.*
10. Abou-Rass M, Frank AL, Glick DH. The anticurvature filing method to prepare the curved canal. *J Am Dent Assoc* 1980; 101: 792-4.
11. Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG. The balanced force concept for instrumentation of curved canals. *J Endodon* 1985; 11: 203-11.
12. Walia H, Brantly WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files. *J Endodon* 1988; 14: 346-51.
13. Serene T, Adams JD, Ashok S. *Nickel-titanium instruments application in endodontics. St. Louis: Ishiyakau Euro America, 1995.*
14. Jungmann CL, Uchin RA, Bucher JF. Effect of instrumentation on the shape of the root canal. *Journal of Endodontics.* 1975. 1: 66-9.

15. Ponti TM, McDonald, Kuttler S, Strassler H, Dumsha T. Canal-Centering ability of two rotary file systems. *Journal of Endodontics*. 2002. 28: 4, 283-86
16. Schafer E, Florek H. Efficiency of rotary nickel-titanium K3 instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. *International Endodontic J*. 2003. 36: 199-207
17. Guelzow A, Stamm O, Martus P, Kielbassa AM. Comparative study of six rotary nickel-titanium systems and hand instrumentation for root canal preparation. *International Endodontic Journal*, 38, 743-752, 2005.
18. Schafer E, Lohmann D. Efficiency of rotary nickel-titanium Flex Master instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 1. Shaping ability in simulated root canals. *International Endodontic J*. 2005. 35: 505-13.
19. Lim KC, Webber J. The validity of simulated root canals for the investigation of the prepared root canal shape. *Int Endod J*. 1985: 18:240-6.
20. Thompson SA, Dummer PMH. Shaping ability of ProFile .04 Taper Series 29 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals Part 1. *International Endodontic J*. 1997. 30: 8-15.

21. Bryant ST, Thompson SA, Al-Omar iMAD, Dummer PMH. Shaping ability of ProFile rotary nickel-titanium instruments with ISO siled tips in simulated root canals Part 1. *International Endodontic J.* 1998. 31: 275- 81
22. Thompson SA, Dummer PMH. Shaping ability of HERO 642 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals Part 1. *International Endodontic J.* 2000. 33: 248-54.
23. Hata G, Uemura m, Kato A, Imura N, Novo N, Toda T. A comparation of shaping ability using ProFile, GT file, and Flex-R endodontic instruments in simulated canals. *Journal of Endodontics.* 2002. 28: 4, 316-21.
24. Schafer E, Lohmann D. Efficiency of rotary niquel-titanium Flex Master instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 1. Shaping ability in simulated root canals. *International Endodontic J.* 2005. 35: 505-13.
25. Song Y.L, Brian Z, Fan B, Fan M, Gutmann J.L. comparasion of instrument-centering ability within the root canal for three contemporary instrumentation techniques. *International Endodontic J.* 2004. 37: 265-71.
26. Mesgouez C, Rilliard F, Matossian K, Nassiri K and Mandel E. Influence of operator experience on canal preparation time when

- using rotatory Ni-Ti Profile system in simulated curve canals, International Endodontic Journal, 36, 161–165, 2003.
27. Miyai K, Ebihara A, Hayashi Y, Doi H, Suda H, Yoneyama T. Influence of phase transformation on the torsional and bending properties of nickel–titanium rotary endodontic instruments. International Endodontic Journal, 39, 119–126, 2006.
28. Peng B, Shen Y, Cheung GSP, Xia TJ. Defects in ProTaper S1 instruments after clinical use: longitudinal examination. International Endodontic Journal, 38, 550–557, 2005.
29. Clifford J. Ruddle. The ProTaper technique. Endodontic Topics 2005, 10, 187–190
30. Hülsmann Michael, Ove A. Peters & Paul M.H. Dummer. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. Endodontic Topics 2005, 10, 30–76.
31. Jodway B, Hülsmann M. A comparative study of root canal preparation with NiTi-TEE and K3 rotary Ni-Ti instruments. International Endodontic Journal, 39, 71–80, 2006
32. Avellaneda P, Espitia Y, Milina MV. (2003) Comparación del espesor cemento- dentina de las paredes mesial y distal de las raíces mesiales de los primeros y segundos molares mandibulares, antes y después de la preparación con las limas

niti-tee, (sendoline)[®] y protaper[®] (dentsply). Tesis, Colegio Odontologico Colombiano. Bogota.

33. Peters OA, Schonenberger K, Laib A. (2001) Effects of four NiTi preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *International Endodontic Journal* 34, 221-30
34. Kavanagh D, Lumley PJ. (1998) An in vitro avaluation of canal preparation using Profile 04 and 06 taper instruments. *Endodontic and Dental Traumatology* 14, 16-20.
35. Barbakow F, Lutz F. The 'Lightspeed' preparation technique evaluated by Swiss clinicians after attending continuing education courses. *Int Endod J.* 1997 Jan;30(1):46-50.
36. Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JEA, Messer HH. (2000) Defects in rotatory Nickel-Titanium files after clinical use. *Journal of Endodontics* 26, 161-5.
37. Blum JY, Machtou P, Micallef JP. (1999) Location of contact areas on rotary ProFile instruments in relationship to the forces developed during mechanical preparation on extracted teeth. *International Endodontic Journal* 32, 108-14.
38. Yared GM, Bou Dagher FE, Machtou P (2001). Failure of ProFile instruments used with high and low torque motors. *International Endodontic Journal* 34,471-5.

39. Haikel Y, Serfaty R, Bateman G, Senger B, Allemann C. (1999) Dynamic and cyclic fatigue of engine-driven rotary Nickel-Titanium endodontic instruments. *Journal of Endodontics* 25, 434-40.
40. Gambarini G. (2001) Cyclic fatigue of Profile rotary instruments after prolonged clinical use. *International Endodontic Journal* 34, 386-9.
41. Yared GM, Bou Dagher FE, Machtou P, Kulkarni GK. (2002) Influence of rotational speed, torque and operator proficiency on failure of Greater Taper files. *International Endodontic Journal* 35, 7-12
42. Peters OA, Peters CI, Schonenberger K, Barbakow F. (2003) ProTaper rotary root canal preparation: assessment of torque and force in relation to canal anatomy. *International Endodontic Journal*, 36, 93-99

ANEXOS

