

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



“ESTUDIO COMPARATIVO

ENTRE TRES SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN ROTATORIA

UTILIZANDO TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA”

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Como requisito parcial para obtener grado de

Maestría En Ciencias Odontológicas Con Especialidad En Endodoncia

PRESENTA:

OD. GLADYS CAROLINA JIMÉNEZ LOOKYAN

MONTERREY, N. L.

AGOSTO 2009

**"Estudio Comparativo Entre Tres Sistemas De Instrumentación Rotatoria
Utilizando Tomografía Computarizada"**

Aprobación de Tesis.

Dr. Jorge Jaime Flores Treviño M.S.

Coordinador del Posgrado de Endodoncia

Dra. Hilda Torre Martínez C.D. M.C.

**Catedrática del Posgrado de Endodoncia de la Facultad de Odontología
de la UANL. Asesor Metodológico.**

Director de tesis:

Coordinador del Posgrado de Endodoncia

Dr. Jorge Jaime Flores Treviño M.S.

Codirectora de tesis:

Dra. Idalia Rodríguez Delgado M.C.E.

Asesor Científico:

Dra. Hilda Torre Martínez C.D. M.C.

Asesores en Tomografía :

Dr. Mario A. Campos Coy

T.R. Joaquín Alcántara Peña

Asesor en Computación:

Lic. Carlos Alberto Palomo Figueroa

Asesor Estadístico:

L.F.M.M.C. Dr. Roberto Mercado Hernández

DEDICATORIAS

A ti mamá, por tu entrega absoluta, por tu presencia, por apoyarme día y noche con amor, por tu esfuerzo y dedicación, por tu participación activa en todo momento y en cada detalle, esta también es tu obra, Te amo.

A ti papá, aún en la distancia siempre estuviste presente, por tus oportunas palabras, por enseñarme y recordarme siempre el valor de las cosas, "La constancia es la virtud que nos lleva a que una vez tomada una decisión se lleve a cabo lo necesario para alcanzar las metas". Eso me lo enseñaste tú con tus palabras y con tu ejemplo. Te amo.

A mis hermanos Marielys, Luis Simón, Luis Germán y Maria Luisa, por estar pendientes y por esperarme siempre.

A mis sobrinos Sebas y Cami, por regalarme y dibujarme una sonrisa.

Todos han sido y serán, mi ilusión y mi razón de regresar a casa. Los Amo.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por hacerme entender que cuando solo había un par de huellas en mi camino, Él me llevaba en sus brazos.

A **México, Monterrey, Universidad Autónoma de Nuevo León** y en especial al **Posgrado de Endodoncia** por permitirme dejar mi huella.

A todas aquellas personas que durante mi estadía en México marcaron una huella en mi vida.

A la **Dra. Idalia y al Dr. Flores**, Directores de tesis por sus exigencias en busca de una investigación de calidad basada en la evidencia científica.

A Mis **Compañeros de Posgrado** Móni, Mili, Alex, Robert, Alden, Cecy e Isa por su amistad, ánimo y apoyo desinteresado.

A los **Maestros del Posgrado** en especial, Dra. Hilda Torre, Dr. Vera, Dr. Rafael de la Garza, Dr. Herrera, Dr. Saúl y Dra. Claudia Cortazar, quienes creyeron y aportaron valiosas sugerencias durante el proyecto y desarrollo de esta idea. A los **Maestros invitados** Dr. Marco Ramírez, Dr. Senia, Dr. Bolaños, por sus acertadas recomendaciones a esta investigación.

Al Centro Universitario de Imagen Diagnóstica del Hospital Universitario Dr. José Eleuterio González de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Al Dr. Mario Campos Coy y en especial al **Sr. Joaquín Alcántara**, Técnico radiólogo quien con mucha paciencia realizó el análisis tomográfico del estudio.

Al **Lic. Carlos Palomo y Dr. Roberto Mercado** asesores en computación y estadística.

A **Chepis, Gus y Rox** por su colaboración y permanente disposición.

INDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN.....	3
ANTECEDENTES	6
MARCO TEÓRICO	16
MATERIALES Y MÉTODOS	40
DISEÑO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	48
RESULTADOS	50
DISCUSION	53
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS	68

RESUMEN

Od. Gladys Carolina Jiménez Lookyan.

Universidad Autónoma de Nuevo León.

Facultad de Odontología

Título: "Estudio Comparativo Entre Tres Sistemas De Instrumentación Rotatoria Utilizando Tomografía Computarizada".

Candidato a obtener el grado de Maestría en Ciencias Odontológicas con Especialidad en Endodoncia.

Propósito del Estudio: Comparar la Desviación del Eje central entre tres sistemas de instrumentación rotatoria con diferente diseño, a 3 y 5 mm del vértice apical, utilizando Tomografía Computarizada.

Materiales y Métodos: 36 conductos, 18 raíces mesiales de molares mandibulares, con forámenes independientes comprendieron la muestra; (n=12 por grupo). Se distribuyó equitativamente según el grado de curvatura promedio 27.139° según Schneider. Los conductos instrumentados con los Sistemas LSX, EndoSequence y Protaper Universal fueron evaluados antes y después de la instrumentación utilizando Tomografía Volumétrica Computarizada. El protocolo de análisis de imagen tomográfica fue el mismo pre y post-instrumentación a 3 y 5 mm del vértice apical. Las imágenes se superpusieron con el programa Adobe Photoshop CS3. La medición de la Desviación del Eje Central con Adobe Illustrator CS3. Los datos fueron analizados por (ANOVA) y Tukey.

Resultados: Desviación del Eje Central 3mm, no hubo diferencia significativa (F=2.166 P=0.131), entre medias, desviaciones estándar, mínimo y máximo,

con las Técnicas (LSX, EndoSequence y ProTaper Universal), ($0.117 \pm 0.059, 0.026, 0.198$), ($0.181 \pm 0.085, 0.080, 0.380$) y ($0.164 \pm 0.088, 0.051, 0.301$) respectivamente.

Desviación del Eje Central 5mm, sí hubo diferencia significativa ($F=6.724$ $P=0.004$), entre medias, desviaciones estándar, mínimo y máximo, (LSX, EndoSequence y ProTaper Universal), ($0.212 \pm 0.070, 0.085, 0.319$), ($0.218 \pm 0.091, 0.094, 0.450$) y ($0.116 \pm 0.066, 0.000, 0.235$) respectivamente.

Conclusiones: Bajo las condiciones de este estudio, en base a los resultados obtenidos se puede concluir: los tres Sistemas (LSX, EndoSequence, ProTaper Universal), demostraron permanecer centrados con poca desviación a 3 mm del vértice apical, siendo LSX (sin conicidad) el Sistema que trabajo a mayor diámetro (45.000) como promedio de Lima Maestra Apical, sin desviarse del eje central con una diferencia significativa con respecto a EndoSequence y Protaper Universal.

ProTaper Universal (conicidad variable) demostró un mejor centrado en el tercio medio radicular (5mm). Siendo el Sistema que resultó en una conicidad media menor (36.667) como Lima Maestra Apical.

INTRODUCCIÓN

La anatomía radicular es muy compleja, en algunos casos el fracaso endodóntico se debe al desconocimiento de la misma. Aunque se están produciendo cambios espectaculares en las técnicas, los instrumentos y los materiales, lo único que no ha cambiado es la anatomía de las raíces y los conductos radiculares. El modo en que el clínico manipule la anatomía cuando realiza el tratamiento endodóntico, influirá el destino del diente. Si las técnicas de preparación del conducto radicular se dirigen a conseguir una limpieza tridimensional existirá mayor probabilidad de éxito endodóntico.

Todos los profesionales coinciden en que el sistema de conducto radicular se debe limpiar y conformar, sin embargo continúa la controversia ¿Cuál pueda ser el mejor método? Los métodos, los materiales y las técnicas cambian, así como un paciente es diferente de otro.

La finalidad del tratamiento endodóntico es lograr la limpieza y desinfección del conducto, siguiendo los principios básicos de instrumentación, irrigación, medicación y obturación en pro de la conservación del diente y principalmente del bienestar del paciente.

Con el tratamiento endodóntico se intenta ensanchar el conducto, tratando de mantener la anatomía original, teniendo en cuenta que especialmente en conductos curvos el tratamiento es más difícil y se corre el riesgo de encontrar algunas complicaciones como perforaciones, **transportación**, fractura de instrumentos, entre otros; ya sea por accidente, por descuido o iatrogenia del operador.

Se denomina transportación apical al conjunto de deformaciones en la zona apical del conducto, ocasionadas por una instrumentación defectuosa, que se manifiestan como una falta de respeto a la anatomía original del conducto, el cual se desplaza en su trayectoria inicial y se amplía en exceso en su zona más apical.

La aparición de instrumental rotatorio de Níquel Titanio ofrece preparaciones de calidad en menos tiempo, cada día la tecnología propone más variedad, diferentes diseños, protocolos de trabajo, etc.

La efectividad de los instrumentos endodónticos ha sido evaluada con diferentes metodologías, con respecto al parámetro de grado de transportación. Se ha propuesto el uso de Tomografía Computarizada como método para evaluar la instrumentación del conducto radicular.

El propósito de este estudio fue comparar la transportación ocasionada por la Desviación del Eje central de tres sistemas de instrumentación rotatoria con diferente diseño LSX (sin conicidad), EndoSequence (conicidad constante 0.4%); ProTaper Universal (conicidad variable) a 3 y 5 mm del vértice apical, en conductos radiculares con curvatura severa de raíces mesiales de primeros y segundos molares mandibulares extraídos del humano, utilizando Tomografía Computarizada. El estudio fue clasificado como experimental, abierto, prospectivo y longitudinal.

Se planteo la siguiente hipótesis: Instrumentos sin conicidad proveen menor desviación del eje central en conductos radiculares con curvatura severa a nivel apical y medio que los instrumentos con conicidad, (constante o variable).

La formación del especialista en endodoncia incluye la universalidad de conocimientos, entre otros, de anatomía, ciencias básicas, principios,

fundamentos, objetivos de la endodoncia, mantenerse a la vanguardia de la ciencia y la tecnología, sin olvidar las bases que lo formaron, sin dejarse engañar por estrategias publicitarias, aplicando el criterio científico desarrollado en su preparación como especialista, para analizar cada caso en particular y aplicar las diferentes técnicas, seleccionar entre los diferentes instrumentos y/o materiales, sustentados en la evidencia científica a través del estudio, la experiencia y la investigación.

ANTECEDENTES

Schilder definió la meta general de la preparación de un conducto como: es preciso limpiar y preparar los conductos radiculares: limpiarlos de residuos orgánicos y prepararlos para recibir una obturación tridimensional hermética de todo el conducto radicular ⁽¹⁾.

Guelzow y col. señalan: uno de los principales objetivos de la preparación del conducto radicular es la efectiva limpieza, manteniendo la configuración original sin crear iatrogenia, fractura de instrumentos, transportación externa, interferencias o perforaciones ⁽²⁾.

La preparación químico-mecánica tiene por objetivo promover la limpieza y conformación del conducto radicular, a través del empleo de instrumentos endodónticos, soluciones químicas auxiliares, de la irrigación y la aspiración. Este procedimiento también es denominado de preparación químico-quirúrgica, de preparación biomecánica, de limpieza y conformación, o simplemente instrumentación ⁽³⁾.

Bürklein y Schäfer señalan los instrumentos rotatorios de Níquel-Titanio facilitan la preparación de la curvatura del conducto radicular. En general el uso de estos instrumentos da como resultado preparaciones centradas en la curvatura del conducto, que se complementan con una reducción de tiempo en comparación con la instrumentación manual ⁽⁴⁾.

Clifford J. Ruddle, citado por Cohen y Burns ⁽⁵⁾, señala: El modo en que el clínico manipule la anatomía cuando realiza el tratamiento endodóntico, influenciará en el destino del diente. Si las técnicas de preparación del conducto radicular se dirigen a conseguir la limpieza tridimensional y la desinfección, existirá mucha probabilidad de éxito endodóntico. Aunque se están produciendo cambios espectaculares en las técnicas, los instrumentos y los materiales, lo

único que no ha cambiado es la anatomía de las raíces y los conductos radiculares. Todos los profesionales coinciden en que el sistema de conductos radiculares se debe limpiar y conformar, sin embargo continúa la controversia con respecto a cuál pueda ser el mejor método. Los métodos, los materiales y las técnicas cambian, así como un paciente es diferente de otro. El clínico sagaz debe ser experto en una serie de técnicas de limpieza y conformación para proporcionar el mejor cuidado posible, sin embargo sea cual sea, deberá siempre cumplir los objetivos biológicos y mecánicos de un tratamiento de conducto ⁽⁵⁾.

La instrumentación por si sola es inadecuada para la desinfección de los conductos en la mayoría de los casos, siendo necesaria una irrigación química adicional. Esto está sustentado por numerosos artículos siendo muy interesante los datos obtenidos por O. Peters en 2001 quien mediante el uso de tomografía axial computarizada, observó que ni aún con instrumentos rotatorios se consigue tocar la totalidad de las paredes del conducto. El 35% o más de estas quedan intactas ^(6,7). Hipoclorito de sodio, es usado de forma común como un irrigante intraconducto por sus propiedades antimicrobianas y de disolución de tejidos orgánicos ⁽⁷⁾.

La instrumentación mecánica ha mostrado reducir los conteos bacterianos aún sin irrigantes o medicación intraconducto. Una combinación de instrumentación mecánica e irrigación reduce el número de microorganismos de 100 a 1000 veces ⁽⁸⁾.

La mayor parte de la literatura, coincide en que la limpieza y conformación es una etapa fundamental en la terapia endodóntica, y en que es la etapa en la que más accidentes operatorios se pueden cometer; entre otros, los más comunes son: transporte interno y externo del foramen, bloqueos apicales, fracturas de instrumentos, "zips" y sobreinstrumentación ⁽⁵⁾.

Weine⁽⁹⁾, señala para poder conseguir unos resultados idóneos en la preparación de los conductos es necesario seguir algunas normas básicas. Entre las que destaca la preparación debe ensanchar el conducto, manteniendo la configuración pre-operatoria general, pero desarrollando al mismo tiempo la forma más adecuada para la obturación. Uno de los errores más comunes que se producen durante la preparación de los conductos consiste en intentar alterar la forma original del conducto. Un desgaste excesivo, la falta de precurvado de los instrumentos, el uso excesivo de productos quelantes y la falta de seguimiento de la vía abierta por los instrumentos de exploración iniciales pueden dar lugar a una preparación que no se corresponde con los límites del conducto original. Y en segundo lugar una vez determinada la longitud de trabajo, los instrumentos deben permanecer dentro de los límites del conducto. La sobreinstrumentación, o el empleo continuo de un instrumento a través del agujero apical, es una causa frecuente de dolor durante el tratamiento ⁽⁹⁾.

Haapasalo y col. ⁽¹⁰⁾ debridamiento del conducto radicular por instrumentación e irrigación es considerado el factor más importante en la prevención y tratamiento de la enfermedad en endodoncia. Una de las principales razones para comenzar a utilizar instrumental rotatorio NiTi es la completa preparación del conducto en menos tiempo que antes, la preparación rotatoria con estos instrumentos ofrece otras ventajas. Una de estas es la calidad de la preparación apical y coinciden al decir el instrumental rotatorio NiTi parece mantener la curvatura original del conducto mejor que la instrumentación manual de acero inoxidable, particularmente en el tercio apical del conducto radicular.

La era moderna de los instrumentos para la preparación de los conductos radiculares por medios mecánicos se inició en la década de los años noventa: la utilización de Níquel-Titanio, el uso de instrumentos de conicidad variable para un mismo calibre en D₀, el diseño de nuevos o modificados perfiles de la

sección y la presencia de un extremo apical inactivo, con un ángulo de transición suave entre la punta del instrumento y el inicio de los bordes cortantes, permitieron desarrollar el concepto de rotación horaria continua, llamada así por emplearse piezas de mano con un movimiento de rotación horaria. Se habla con frecuencia de sistemas de instrumentos por el hecho de que, las distintas firmas comerciales, presentan conjuntos de instrumentos elaborados con níquel-titanio para poder efectuar con todos ellos una preparación completa del conducto. ⁽¹¹⁾.

El uso de instrumentos NiTi resulta en menos secuencia y preparaciones más centradas en la curvatura del conducto radicular. Michael Hulsmann y col ⁽¹²⁾, refieren el uso de cada instrumento tiene un propósito específico para conseguir la forma óptima del conducto.

Técnica Canal Master fue presentada en 1988 por Wildey y Senia ^(11, 13,14) fue modificada ligeramente al comercializarse los instrumentos Canal Master U. Es una técnica mixta. Mediante esta técnica se consiguen conductos centrados, de sección circular y escaso transporte apical. Esta técnica sentó las bases para la instrumentación rotatoria continua por medios mecánicos ⁽¹¹⁾.

Sistema Lightspeed: La sugerencia de la técnica es similar a la citada por el Canal Master U, pero accionada de forma mecánica a una velocidad de 750-1500 rpm. y fabricada con una aleación de Níquel-Titanio. Mediante el sistema Lightspeed se consiguen conductos de sección circular, centrados, con una mínima eliminación de dentina y escaso transporte apical ^(11, 15,16).

Numerosos estudios han demostrado la capacidad de los instrumentos LightSpeed LS1 de mantener la curvatura original del conducto radicular de forma segura y eficiente. En un importante cambio de diseño LightSpeed Technologies ha presentado recientemente los instrumentos LightSpeed LSX. A pesar de que el LightSpeed LSX es en cierto modo similar al antiguo

LightSpeed LS1, también es diferente en las características que puede introducir variedad en el rendimiento. En primer lugar, la hoja del nuevo instrumento LightSpeed LSX no es mecanizado, es estampado o acuñado con un diseño en forma de una paleta o pala. En segundo lugar, mientras que el antiguo LS1 venía en números intermedios el nuevo LightSpeed LSX sólo viene en tamaños ISO, reduciendo así el número de instrumentos a la mitad de la original. En tercer lugar la velocidad de rotación para LightSpeed LS1 instrumentos fue 2000 rpm con bajo torque mientras que el LSX trabaja a 2500 rpm con alto torque. Cuarto LightSpeed LS1 utilizó un movimiento de picoteo el nuevo LightSpeed LSX utiliza un movimiento de avance lento. Por último, ambos instrumentos LightSpeed tienen similar flexibilidad con un diseño sin conicidad, aunque de acuerdo con el fabricante LightSpeed LSX viene con una punta más corta y más flexible. Asegura que el nuevo diseño será capaz de mantener la misma calidad de la preparación del conducto radicular que la de los antiguos instrumentos de LS1 ⁽¹⁷⁾.

LSX, Es un instrumento con la particularidad que trabaja exclusivamente en el tercio apical, siendo el único en el mercado que permite trabajar a diámetros amplios en el tercio apical sin producir perforación en los otros dos tercios, ya que al no poseer conicidad, la única superficie cortante es la punta, su técnica de instrumentación recomienda el ensanchamiento coronal del conducto con fresas Gates-Gliden ⁽¹⁸⁾.

Iqbal, Bandfield, Lavorini y Bachstein ⁽¹⁷⁾ compararon la transportación apical en conductos radiculares simulados después de la instrumentación con Lightspeed y LSX, la prueba de análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas entre los 2 grupos.

EndoSequence: La primera lima endodóntica de 4ª Generación que cumple fielmente con la promesa del Níquel Titanio. En un intento de mantener el centrado de la lima, muchos limas populares en la actualidad obstaculizan la

flexibilidad notable del NiTi (Níquel Titanio) incorporando áreas radiales en sus diseños de lima. Sin embargo, estas áreas radiales, reducen la flexibilidad y aumentan los requisitos de torsión debido al corte ineficiente y el arrastre resultante de sus áreas entre surcos. El diseño patentado de la lima EndoSequence conserva la flexibilidad natural del NiTi incorporando en su diseño una geometría exclusiva de Alternate Contact Point (Punto Alterno de Contacto). El resultado: EndoSequence permanece centrado sin la necesidad de áreas radiales.

Posee precisión en instrumentación, a través del concepto de maquinado de una preparación completamente cónica de 0.06.

Preparación cónica de 0.06 constante (0.04 disponible para conductos pequeños).

La Técnica de EndoSequence: es sencilla, predecible y precisa ⁽¹⁹⁾.

Protaper Universal: el sistema ProTaper (Dentsply Maillefer) representa una nueva generación de limas de Níquel Titanio. Fue desarrollado por un grupo de respetados endodoncistas: el profesor Pierre Machtou (Universidad de París, Francia); el Dr. Clifford Ruddle (Santa Bárbara, California, Estados Unidos); y el Profesor John West (Universidad de Washington, Seattle, y la Universidad de Boston, Boston Massachusetts, Estados Unidos), en cooperación con Dentsply Maillefer. Apareció en el mercado en el año 2001⁽²⁰⁾.

Los instrumentos ofrecidos por este sistema presentan sección transversal triangular de aristas redondas y ángulo de corte ligeramente negativo, así como se observa en un solo instrumento varias conicidades, constituyéndose una innovación ⁽²¹⁾.

Taper progresivo o multitaper esta es una de sus características más sobresalientes, pues la conicidad de las limas varía progresivamente a lo largo

de su parte activa. En contraste con otros sistemas que manejan una serie secuencial de limas con un aumento de taper simétrico, en las limas ProTaper la conicidad varía dentro de un mismo instrumento, con aumentos progresivos de conicidad que van del 3.5 % al 19%, lo que hace posible la conformación de zonas determinadas del conducto con un sólo instrumento, haciendo que éste haga su propio crown down ⁽²⁰⁾.

Según el fabricante (Dentsply Maillefer,) esta característica facilita la instrumentación en la porción apical de conductos radiculares, generalmente curvos y estrechos. Por tener pequeña conicidad en el inicio de la parte activa estos instrumentos poseen excelente flexibilidad. Son utilizados principalmente en conductos largos y curvos. Estos instrumentos son utilizados en movimiento de "picada" hasta alcanzar LRT (Longitud Real de Trabajo) ⁽²¹⁾.

Bergmans y colaboradores ⁽²²⁾ hicieron un estudio sobre tomografía microcomputarizada como método para evaluar la instrumentación del conducto radicular en el cual menciona; las décadas recientes han descrito un número de metodologías para evaluar instrumentación, incluyendo modelos plásticos (Eeine 1975), secciones histológicas (Walton 1976), escaneo electrónico en estudios microscópicos (Mizrahi y col. 1975), Secciones seriadas (Seidler 1956, Schneider 1971, Bramante y col. 1987), Comparación radiográfica (Southard y col 1987), Impresiones de silicona de conductos instrumentados (Abou-Rass & Jastrab 1982). Todas estas técnicas han demostrado ser potenciales para la investigación endodóntica y han sido utilizadas por distintos investigadores a lo largo de muchos años. Aunque algunas limitaciones han sido repetidamente discutidas, promoviendo el desarrollo de nuevos métodos con la intención de mejorar. Una de las últimas innovaciones en la industria y área médica es el uso la microtomografía computarizada (MCT) para el estudio. Esta herramienta científica podría fortalecer potencialmente el estudio endodóntico.

Se ha reportado que la MCT es una técnica no invasiva que tiene la capacidad de visualizar las características morfológicas en detalle y una manera precisa de evitar la destrucción del diente, ofrece información reproducible en tres dimensiones, y comparación de información en cada diente antes y después del tratamiento de conducto, estudios sobre instrumentación endodóntica son posibles ⁽²²⁾.

Bergmans y colaboradores ⁽²³⁾ evaluaron la influencia de un diseño de conicidad progresiva versus constante, en la preparación con instrumental rotatorio de NiTi en conductos curvos de raíces humanas. Para hacer la comparación usaron alta resolución X-ray microfocus de tomografía computarizada (XMCT) y un software hecho a la medida. La muestra fue escaneada antes y después de la preparación usando Protaper (Taper progresivo) y K3 (Taper constante). Ellos estudiaron volumen de dentina removida, habilidad céntrica y transportación. Esta técnica es totalmente conservadora y en combinación con un software apropiado, provee información en tres dimensiones basada en alta resolución de imágenes de dientes humanos extraídos. El uso de (XMCT) en investigaciones endodónticas es relativamente nuevo.

La instrumentación del conducto radicular debería proveer forma al conducto para la adecuada limpieza, efectiva irrigación y obturación. Alcanzar este objetivo en pequeños conductos curvos se dificulta con frecuencia cuando se utiliza la instrumentación tradicional, ellos son rígidos y tienden a crear aberraciones.

Técnicas rotatorias de Níquel-Titanio (NiTi) han sido bien desarrolladas a mejorar la preparación del conducto radicular pero la única propiedad de la aleación es que es capaz de mejorar las características morfológicas y seguridad en la conformación del conducto.

Concluyen que el diseño progresivo de Protaper fue menos influenciado por la curvatura en el tercio medio que el diseño de taper constante de K3 el cual demostró un buen centrado en la preparación apical. Por otro lado instrumentos Protaper tienden a transportar cerca de la furca a nivel coronal ⁽²³⁾.

La tomografía es una técnica radiográfica que "rebana" los dientes en secciones delgadas. Las computadoras reconstruyen después las secciones para generar una imagen tridimensional. La anatomía dental que incluye curvaturas vestibulo linguales, formas del espacio de los conductos radiculares y localización del foramen apical, se observa en tercera dimensión. Un avance adicional es la eliminación de las técnicas radiográficas anguladas; todas las vistas anguladas se capturan de manera simultánea en una sola exposición ⁽¹⁾.

Rhodes y col. ⁽²⁴⁾ dentro de la metodología de su estudio seccionaron raíces de 10 primeros molares mandibulares a cinco niveles horizontales predeterminados, midiendo las dimensiones de las raíces y sus conductos utilizando imagen video digitalizado. Las imágenes de video tenían una resolución de 0.025mm. Posteriormente las superficies de corte digitalizadas fueron comparadas con el equivalente de reconstrucción de imágenes de MTC. El área total del conducto (interna) y de la raíz (externa) de cada nivel fue calculado en ambas MTC comparándolas con las imágenes de video digitalizadas. Como resultado encontraron una correlación significativamente alta entre MTC y video imágenes de las dos áreas, externa e interna ($r = 0.94$). Concluyendo que la MCT demostró ser exacta en la experimentación endodóntica.

Yang y col. ^(25,26) compararon la capacidad de conformación de instrumentos con conicidad progresiva contra conicidad constante en conductos simulados. Mencionan que el desarrollo de nuevos diseños se caracteriza en la variación de la conicidad, puntas seguras - no cortantes, variación de la longitud de las

hojas cortantes en combinación con las propiedades metalúrgicas de la aleación NiTi teniendo como resultado una nueva generación de instrumentos

Los instrumentos de NiTi disponibles actualmente varían considerablemente en su diseño, para la conicidad, cuchillas, facetas y puntas han sido sugeridas ⁽²⁷⁾.

El diseño del cuerpo puede ser agrupado en 2 categorías de acuerdo al taper: progresivo o constante. Ha sido reportado que los instrumentos con taper progresivo pueden conformar los conductos más rápido que los de taper constante ⁽²⁸⁾.

MARCO TEÓRICO

La raíz con un conducto cónico y un solo foramen constituye la excepción más que la regla. Los investigadores han encontrado múltiples forámenes, conductos adicionales, deltas, conexiones entre conductos con forma de C, furcaciones y conductos laterales en la mayoría de los dientes. Así pues cuando se trata de un determinado diente, el clínico debe asumir que la anatomía compleja ocurre con frecuencia suficiente para considerarla normal.

El clínico debe estar familiarizado con las varias vías que pueden seguir los conductos radiculares hasta el ápice. El sistema de conductos de la pulpa es complejo y los conductos se pueden ramificar, dividir y volver a juntar ⁽²⁹⁾.

Weine, Kelly, y Lio ⁽³⁰⁾ clasificaron los posibles trayectos de uno o dos conductos de una raíz en cuatro categorías:

I Un solo conducto

II: Dos conductos que se unen antes del ápice.

III: Dos conductos con orificios apicales separados.

IV: Conducto que se bifurca en la porción media o apical de la raíz.

Istmo es definido como una comunicación angosta, que entrelaza los conductos y contiene tejido, son difíciles de alcanzar, actúan como reservorios bacterianos y pueden reducir el rango de éxito quirúrgico y no quirúrgico. La prevalencia de los istmos en la raíz mesial de molares mandibulares ha sido observada en estudios previos ⁽³¹⁾.

Primer molar inferior:

Quizás debido a que es el primero en erupcionar entre los dientes posteriores permanentes, parece ser el que requiere con más frecuencia tratamiento de conductos radiculares. Muchas veces se ha sometido a una gran restauración, y debe soportar fuerzas de oclusión intensas, por tanto, la cámara pulpar se encuentra muchas veces retraída o está calcificada. El diente suele tener dos raíces, pero en ocasiones tiene tres, con dos o tres conductos en la raíz mesial y uno, dos o tres conductos en la raíz distal. Los conductos de la raíz mesial son mesiovestibular (MV) y otro mesiolingual (ML); a veces existe un conducto mesial central (MC) en el surco de desarrollo entre los conductos MV y ML. La incidencia de un conducto MC oscila entre el 1 y el 15%. Los conductos de las raíces distales son el conducto distal (si solo existe un conducto) y los conductos distovestibular (DV) y distolingual (DL) y distal central (DC) (si existen varios conductos). Los orificios de todos los conductos suelen estar localizados en los dos tercios mesiales de la corona, y el suelo de la cámara pulpar y aproximadamente trapezoidal o romboidal. De modo habitual existen cuatro cuernos pulpares ⁽²⁹⁾.

Si existen tres conductos (MV, ML y D) todos ellos son ovales en los tercios cervical y medio de la raíz, y redondos en el tercio apical. Si se encuentran dos conductos (DV y DL) en la raíz distal, suelen ser más redondos que ovales en toda su longitud. Los conductos de la raíz mesial suelen ser curvos, con una curva más pronunciada en el conducto MV. Este conducto puede presentar una curvatura significativa en el plano vestíbulo-lingual, que quizás no se aprecie en la radiografías. Tal curva se puede detectar en general mediante instrumentos exploradores precurvados ⁽²⁹⁾.

Segundo Molar Inferior:

Es algo más pequeño en cuanto a la corona que el primer molar, y tiende a ser más simétrico. Este diente se caracteriza por la proximidad de sus raíces. Las dos raíces se extienden con frecuencia distalmente en una curva gradual, con los ápices juntos. En algunos casos solo existe una raíz ⁽²⁴⁾. El grado de curvatura de un conducto y su configuración se estudiaron en las raíces mesiales de 100 primeros y segundos molares inferiores seleccionados al azar, el 100% de los especímenes mostraron curvaturas en ambas proyecciones, lingual y mesio-distal ^(29,32).

Para aumentar el éxito clínico, el odontólogo debe ser consciente de la morfología del conducto, incluyendo la configuración y el grado de curvatura. Esta información es necesaria no sólo en una dirección mesial o distal, como se ve en una radiografía de vista clínica, sino también en una dirección bucal o lingual (vista proximal).

Cunningham y Senia ⁽³²⁾ refieren pocos estudios han medido el grado de curvatura en conductos radiculares. Schneider fue uno de los primeros en describir un método fiable para determinar las curvaturas del conducto en radiografías con vista clínica.

Grado de Curvatura

Schneider ⁽³³⁾ utilizó un método donde proyectaba la imagen radiográfica del conducto, trazaba una línea que pasaba a lo largo del eje longitudinal del diente y otra que marcaba en donde comenzaba la curvatura pasando por el foramen apical. En el punto de intersección de estas dos líneas, se media el ángulo de curvatura.

Se ha establecido una clasificación del grado de curvatura de la raíz según Schneider.

El grado de curvatura puede ser:

Recto: 5° o menos.

Moderado: 10 a 20 grados.

Severo: 25 a 70 grados.

Weine y col categorizaron la configuración del conducto de 75 segundos molares mandibulares extraídos usando radiografías en dos direcciones con limas a longitud de trabajo. ⁽³⁴⁾

Basándose en la clasificación de Schneider han surgido nuevos métodos y propuestas para medir ángulos y radios de curvaturas.

La curvatura del conducto radicular puede ser evaluada clínicamente mediante radiografías, preferiblemente tomadas desde varias angulaciones. Sin embargo, está bien documentado el hecho de que las curvaturas en el plano mesio-distal suelen ser mayores que las del plano vestíbulo-lingual, más accesible ⁽²⁹⁾.

Se ha señalado que el grado de la curvatura debe analizarse junto con el radio.

Pruitt, Clement y Carnes ⁽³⁵⁾ introdujeron un parámetro nuevo conocido como "radio de la curvatura" para medir las curvaturas del conducto. El radio de la curvatura aumenta el estrés de los instrumentos y puede ser un factor significativo clínicamente contribuyendo al rompimiento del instrumento y la transportación del conducto

Cuanto más severos son el ángulo y el radio de una curvatura, es más severa la transportación apical, siendo esta mayor que en aquellos conductos relativamente rectos ⁽³⁶⁾.

Exploración (cateterismo) del conducto radicular accionados a motor deberá ser siempre precedida de la utilización de una lima tipo K manual, la cual, durante la exploración previa del conducto radicular, permitirá al profesional transmitir la sensación táctil, previamente analizado radiográficamente. La lima manual que será introducida en el conducto radicular deberá ser de poca flexibilidad y de pequeño diámetro y conicidad, permitiendo así una mejor sensibilidad táctil. Para conductos radiculares atrésicos y curvos, las limas más indicadas son las tipo K número 10 o 15, de acero inoxidable, o las limas Pathfinder de acero al carbono. ⁽²¹⁾

Desbridamiento consiste en retirar del sistema de conductos radiculares los irritantes existentes o potenciales. El objetivo es eliminarlos; pero en realidad solo ocurre una reducción importante. Los irritantes constan de lo siguiente, por separado o en combinación: bacterias, productos bacterianos de desecho, tejido necrótico, desechos orgánicos, tejido vital, productos salivales de desecho, hemorragias y otros. Sin duda el contenido necrótico de un espacio pulpar es un irritante poderoso ⁽¹⁾.

La **conformación** incluye el desbridamiento mecánico, la creación de espacio para la administración de medicamentos y la optimización de la geometría del conducto para una obturación adecuada ⁽²⁹⁾.

El objetivo biológico de los procedimientos de limpieza y remodelado consiste en eliminar todo el tejido pulpar, las bacterias y sus endotoxinas, del conducto radicular. **Los objetivos mecánicos** consisten en hacer posible la obtención del objetivo biológico, y en ampliar el conducto lo suficiente para permitir su obturación tridimensional. Los objetivos mecánicos de la limpieza y el remodelado son:

1. Una preparación progresivamente cónica.
2. Conservación de la anatomía original.
3. Conservación de la posición del foramen.
4. Un foramen tan pequeño como sea posible.

El hecho de no respetar ni apreciar los objetivos biológico y mecánicos de la limpieza y el remodelado aumenta la frustración y predispone a complicaciones innecesarias, como bloqueos, rebordes, trasporte apical y perforaciones ⁽⁵⁾.

INSTRUMENTOS ENDODÓNTICOS

En 1838, MAYNARD creó el primer instrumento endodóntico, idealizado a partir de un muelle de reloj y desarrollo otros para utilizarlos con el objetivo de limpiar y ensanchar el conducto radicular. Este principio técnico preconizado por MAYNARD es una instrumentación considerada como clásica o convencional determinaba un aumento en el diámetro del conducto radicular correspondiente al creciente aumento numérico de los diámetros de los instrumentos, siendo esa instrumentación realizada en sentido ápice/corona y en toda la extensión del conducto. En este periodo no había consenso entre los fabricantes sobre la forma, el tipo y característica de la parte activa de los instrumentos endodónticos. Hasta la década de los 50 los instrumentos endodónticos no tuvieron grandes transformaciones, siendo fabricados en acero carbono. En 1955, John I. Ingle creó la posibilidad de que se fabricaran instrumentos endodónticos que tuvieran una estandarización. Después de 18 años de la propuesta original de Ingle & Levine en enero de 1976 fue que la Asociación Americana de Estandarización aprobó la "Especificación N° 28" la cual presenta normas para la fabricación de limas y ensanchadores. En marzo de 1981, después de 26 años de estudio fueron divulgadas las normas finales de la Especificación en 28 de la ANSI/ADA, siendo entonces definida la estandarización internacional para esos instrumentos.

La industria Kerr Manufacturing Co. fue la primera en construir estos nuevos instrumentos conocidos como instrumentos tipo K, siendo también los más copiados del mundo ⁽²¹⁾.

Actualmente se dispone de muchos tipos de instrumentos para los procedimientos realizados dentro del espacio pulpar. Entre estos se incluyen instrumentos manuales para la preparación del conducto radicular, instrumentos motorizados destinados a la preparación del conducto radicular, instrumentos para obturarlo e instrumentos rotatorios para preparar el espacio del poste.

Existen dos normas ISO aplicables a los instrumentos endodóncicos. La norma ISO N° 3630-1 se aplica a las limas tipo K (ANSI N° 28), las limas Hedström (ANSI N° 58), y los raspadores y escariadores barbados o tiranervios (ANSI N° 63). La norma ISO n.º 3630-3 se aplica a condensadores y espaciadores (ANSI N° 71) ⁽²⁹⁾.

Clasificación de los instrumentos empleados para preparar el espacio pulpar

Grupo I: Solo uso manual: Limas, tanto la tipo K (Kerr) como la H (Hedstrom); ensanchadores, tipos L y U; sondas barbadas o tiranervios, condensadores y espaciadores.

Grupo II: incluye instrumentos de baja velocidad en los que el pestillo o cerrojo de conexión forma una pieza con la parte de trabajo. Las fresas Gates- Glidden (GG) y las limas Pesso son instrumentos típicos de este grupo.

Grupo III: Comprende instrumentos accionados por un motor de un tipo similar a los del grupo II. Sin embargo los mangos de estos instrumentos se sustituyen por conexiones al contra-ángulo de tipo pestillo. En el pasado existían pocos instrumentos de esta clase, puesto que las limas rotatorias para el conducto radicular se utilizaban rara vez. En años recientes, sin embargo, los instrumentos rotatorios de Níquel-Titanio se han hecho populares, y aunque estos instrumentos no estén estandarizados se incluyen en esta categoría ^(29,37).

Los dos principales objetivos de la instrumentación de los conductos son (1) proporcionar un entorno biológico (control de la infección) que conduzca a la curación, y (2) modelar el conducto con una forma receptiva para el sellado final. Históricamente, la mayoría de instrumentos dedicados a remodelar el conducto se diseñaron para usarse manualmente. Aunque no sea de empleo universal los instrumentos rotatorios han alcanzado un interés considerable, y la mayoría se emplean en combinación con los instrumentos manuales.

El conocimiento de las propiedades físicas de la técnica rotatoria supone una recompensa económica, reducir la pérdida de tiempo y, lo más importante, potenciar la calidad del tratamiento al tiempo que se evitan los riesgos inherentes.

Terminología de las propiedades físicas de los instrumentos:

Estrés: es la fuerza deformante medida en un área determinada.

Punto de concentración del estrés: cambio brusco en la forma geométrica de una lima, como una muesca, que ocasiona un nivel de estrés más alto en ese punto que en el resto de la lima en que la forma es más regular.

Tensión: la cantidad de deformación que experimenta una lima.

Límite de elasticidad: es un valor establecido que representa la máxima tensión que al aplicarse a una lima permite que vuelva a sus dimensiones originales.

Deformación elástica: es la deformación reversible que no excede el límite de elasticidad.

Memoria plástica: es una situación que se presenta cuando el límite de elasticidad es, sustancialmente más alto, propio de los metales convencionales. Permite que un instrumento recupere su forma original después de haber sufrido deformación.

Deformación plástica: es el desplazamiento permanente por desunión que aparece cuando se ha excedido el límite de elasticidad. La lima no vuelve a sus dimensiones originales después de suprimir la tensión.

Límite de plasticidad: es el punto en el que una lima plásticamente deformada se rompe ⁽²⁴⁾.

Sistemas Rotatorios o Sistemas mecánicos-rotatorios- constituyen la tercera generación en el perfeccionamiento del tratamiento del conducto radicular y son utilizados para accionar instrumentos de Níquel-Titanio ⁽²⁹⁾.

Instrumentos rotatorios de baja velocidad:

Dos de los instrumentos de motor con mayor historia y más utilizadas son las brocas de Gates Glidden y los ensanchadores (brocas o fresas) de Peeso.

1. Gates-Glidden: tiene un extremo cortante corto, en forma de llama, con hojas cortantes laterales levemente espiraladas con ángulo muy inclinado respecto de la vertical. Generalmente tiene una pequeña guía no cortante en su extremo para minimizar su potencial de perforación de la superficie radicular. La cabeza cortante está conectada al vástago por un fino y largo cuello. Está numerado del 1 al 6 mediante marcas en el tallo del instrumento. Se utilizan para la ampliación y conformación de los conductos después del limado seriado y ensanchamiento con limas, en sus tercios cervical y a veces hasta el tercio medio. Los taladros Gates Glidden están diseñados con un punto débil en la parte del eje más cercana a la pieza de mano, de forma tal que el instrumento fracturado pueda ser retirado fácilmente del conducto. Se fabrican de acero inoxidable y con un largo total de 32 mm (desde la punta hasta el contrángulo miden 18 a 19 mm) aunque también se fabrican en largos totales de 28 y 38 mm.

Fresas Gates Glidden	Equivalencia # de lima
1	50
2	70
3	90
4	110
5	130
6	150

2. Ensanchador Peeso: Tiene una parte cortante larga y ahusada con hojas de corte lateral levemente espiraladas; las hojas tienen gran angulación con respecto a la vertical. El extremo cortante está unido al vástago por un cuello corto y grueso. Se utiliza en la desobturación y preparación de conductos endodónticamente obturados, para la colocación de postes intrarradiculares. Tanto en su material, largo y diámetro, los ensanchadores Peeso siguen las especificaciones de las Gates Glidden ⁽³⁸⁾.

Una vez que se ha penetrado en la cámara pulpar, el acceso en línea recta se realiza tradicionalmente con instrumentos rotatorios como las fresas o trepanos de Gates-Glidden o los instrumentos de Peeso. El uso de estos instrumentos debe limitarse a la porción recta del conducto, ya que si se emplean más allá del punto de curvatura o se utilizan para cortar lateralmente el riesgo de perforación es muy alto. El riesgo de perforación es menor con las fresas Gates-Glidden también se pueden adquirir de Níquel-Titanio. ⁽²⁹⁾.

Instrumentos Endodónticos de Níquel Titanio

El avance tecnológico y la asociación de la metalurgia con la Endodoncia permitieron que los instrumentos rotatorios se fabricaran con aleaciones de Níquel-Titanio, que le confieren a los mismos, superelasticidad, flexibilidad, resistencia a la deformación y a la fractura.

Las aleaciones de Níquel-Titanio se desarrollaron en los laboratorios de la marina estadounidense en los años setenta. La aleación recibió el nombre de Nitinol (Ni-Ti) NAVAL ORDINANCE LABORATORY y, comparada con las aleaciones de acero inoxidable, poseía mayor flexibilidad y mayor resistencia a la fractura por torsión. Las aleaciones contienen un 50-56% de níquel y un 44-50% de titanio. Su primera aplicación fue para los alambres de ortodoncia ⁽⁷⁾.

Walia fue el primero en aplicar la aleación de níquel-titanio en la endodoncia en el año de 1988 ⁽³⁸⁾.

Estas aleaciones poseen dos formas cristalográficas: austenita y martensita. La transformación desde la fase austenita a la martensita se produce cuando se aplica un estrés al instrumento (presión, calor). Al iniciarse esta transformación el instrumento se vuelve frágil y se puede romper con facilidad ⁽¹¹⁾.

Una de las grandes ventajas de los sistemas rotatorios es mayor rapidez en la instrumentación y preparación, principalmente en los conductos radiculares curvos y calcificados, resultando en menos fatiga para el operador

Características

Superelasticidad: La aleación de níquel/titanio ofrece una superelasticidad, término utilizado para caracterizar la propiedad de ciertas aleaciones metálicas a retornar a su forma original, después de librarse de una acción (fuerza) de deformación.

La fractura de instrumentos endodónticos rotatorios de níquel/titanio puede ocurrir en dos formas: fractura por torsión y fatiga por flexión. La fractura por torsión ocurre cuando la punta de la lima o cualquier parte del instrumento se prende en el conducto radicular, mientras su eje continúa en rotación. En esta situación se sobrepasa el límite de elasticidad del metal, llevando al mismo a una deformación plástica como también a la fractura. Otro tipo de fractura está causado por el estrés y por la fatiga del metal, resultando en una fractura de flexión.

Para mejorar el empleo de las limas conviene que el profesional conozca las partes que la componen y de qué forma la variación de su diseño afecta a la instrumentación ⁽²⁴⁾.

Conicidad: El término conicidad se expresa en inglés con la palabra *taper* y representa la medida de aumento del diámetro de la parte activa ⁽¹⁶⁾. La cantidad de diámetro de la lima que aumenta cada milímetro a lo largo de la superficie de trabajo desde la punta hasta el mango. Algunos fabricantes expresan la conicidad en tantos por ciento ⁽²⁹⁾.

Los instrumentos manuales estandarizados poseen una conicidad constante, equivalente a 0.02 mm por milímetro de longitud de su parte activa. Esta conicidad equivale a la media de las conicidades de los conductos radiculares de dientes humanos.

Actualmente, los sistemas ofrecen limas de gran conicidad y mayores diámetros, (0.12; 0.10; 0.08) que eliminan inicialmente la constricción dentaria cervical,

permitiendo que las limas de menor conicidad posteriormente penetren, sin obstáculos hacia apical.

La mayor conformación cónica del conducto radicular en sentido corona/ápice obtenida a través de esta técnica también permite una irrigación más eficaz, como también una obturación lo mas hermética posible.

En los instrumentos rotatorios, el principio básico fue fabricar los mismos instrumentos con conicidad diferente, lo que revolucionó la técnica endodóntica. Así, se encuentran en el comercio especializado instrumentos rotatorios con conicidades 0.03; 0.04; 0.05; 0.06; 0.08; 0.10 y 0.12 mm.

La fabricación de instrumentos con diferentes conicidades cambió el concepto de la instrumentación de conductos radiculares, particularmente los atrésicos y curvos. Como consecuencia de esa mayor conicidad, solamente una porción de la parte activa del instrumento (plano de contacto) entra en contacto con la pared dentinaria. Esta mayor conicidad proporciona un desgaste más efectivo del conducto radicular por acción de ensanchamiento, con menor riesgo de fractura (21)

El conocimiento del diámetro transversal en un punto determinado de la lima permite al profesional darse cuenta del tamaño que tiene la lima en el punto de curvatura, y con ello la tensión relativa que se ejerce sobre la lima (29)

Estrías: son los surcos en la superficie de trabajo que recogen los tejidos blandos y las esquirlas de dentina que se van eliminando de las paredes del conducto. La eficacia de las estrías depende de su profundidad, anchura, configuración y acabado de la superficie.

Borde cortante: forma y arranca esquirlas de las paredes del conducto, al mismo tiempo que corta y desgarrar los tejidos blandos. Su eficacia depende del ángulo de incidencia o ataque y de la agudeza.

Apoyo radial: En ingles llamado radial land proporciona un plano de contacto del instrumento con la pared del conducto radicular ⁽¹⁶⁾. Reduce la tendencia de la lima a enroscarse en el conducto, transportar el conducto, la propagación de microfracturas en su circunferencia, soporta el borde cortante y limita la profundidad del corte. Su posición relativa con el borde cortante oponente y su anchura determinan su eficacia ⁽²⁹⁾.

Ángulo helicoidal: el ángulo que forma el borde cortante con el eje longitudinal de la lima, permite la remoción los residuos coleccionados en las estrías del conducto ⁽²⁴⁾. Cuanto mayor es el ángulo helicoidal, más rápido es el desgaste de la dentina, manteniendo la misma velocidad. El ángulo helicoidal de los instrumentos rotatorios es de 35° aproximadamente, que es una graduación que compensa velocidad con efectividad ⁽²¹⁾.

Ángulo de corte: el ángulo de corte o ángulo de ataque eficaz indica la capacidad de corte de la lima y se determina midiendo el ángulo formado por el borde cortante (guía) y el radio, en una sección del radio perpendicular al borde cortante. Si el ángulo formado por el borde guía y la superficie a cortar (su tangente) es obtuso, se dice que el ángulo de ataque es positivo o cortante. Si este ángulo es agudo se dice que es negativo o rasgador ⁽²⁹⁾.

Pitch: (distancia entre espiras) de la lima es la distancia entre un punto del borde guía y el punto correspondiente del borde guía adyacente. Cuanto más pequeño sea el pitch mas espirales tendrá la lima y mayor será el ángulo helicoidal. La mayoría de limas tienen un pitch variable que cambia a lo largo de la superficie de trabajo ⁽²⁹⁾.

Distribución de la masa metálica: la sección transversal de algunos instrumentos no es homogénea. Tal hecho permite que el instrumento se "acomode" en el conducto radicular, distribuyendo mejor las fuerzas aplicadas en

la dentina y/o que el propio recibe; además de permitir el desgaste de todas las extensiones de las paredes dentinarias, reduce el riesgo de fractura ⁽¹⁶⁾.

El ángulo de corte, el ángulo helicoidal, la conicidad externa y del núcleo pueden variar a lo largo de la superficie de trabajo de la lima y las relaciones de esas cantidades pueden cambiar entre instrumentos de la misma serie. El cambio de cualquiera de estas características puede influenciar en la efectividad de la lima y su propensión a la fractura al progresar en el interior del conducto, lo cual puede explicar porque algunas limas actúan diferente comparadas con otras limas de la misma serie ⁽²⁹⁾.

Para que el profesional aproveche todas las ventajas pertinentes a los sistemas rotatorios, deberá actualizarse, conocer los diferentes sistemas y las más diversas secuencias de instrumentos ofrecidas para, posteriormente, aplicar aquel sistema y optar por la técnica que mas domine ⁽²¹⁾.

Principios generales de los sistemas rotatorios

Para la realización de tratamientos de conductos radiculares, principalmente atrésicos y curvos de molares, utilizando los sistemas rotatorios, es necesario el conocimiento de algunos tópicos:

- El análisis radiográfico y la exploración manual ofrecerán al Cirujano-Dentista la memorización de la imagen anatómica del conducto radicular lo más real posible, siendo ese detalle de fundamental importancia para el éxito del tratamiento endodóntico con el uso de los sistemas rotatorios.
- Variación de tercios: la acción de los instrumentos de níquel-titanio debe ser realizada en tercios diferentes, siendo primero en el tercio cervical, después en el tercio medio y por último el tercio apical.

- La cinemática de movimiento que se aplica se llama "Picada" (progresión y alivio), nunca quedarse presionando el instrumento en el sentido apical para que este avance más de 2mm. Deje que el instrumento sea "guiado por sí mismo". El profesional debe permitir que el instrumento encuentre su propia trayectoria.
- Nunca permanezca con el instrumento girando en la misma posición (longitud), pues eso lo llevará al stress y consecuentemente a la fractura.
- El instrumento deberá penetrar siempre girando en el conducto radicular en sentido horario y salir girando.
- El uso de cada instrumento no debe exceder 5 a 10 segundos.
- Si al llevar el instrumento accionado a motor en la dirección apical, este no avanza, no debe ser presionado.
- Si el conducto radicular en su tercio apical es excesivamente atrésico y ofrece una curvatura abrupta, continúe la instrumentación con instrumentos manuales.
- Hay motores eléctricos especiales y cada fabricante estipula la velocidad que debe ser utilizada para cada sistema, así, se sugiere basarse en las especificaciones del fabricante para seleccionar la velocidad correcta.
- Torque o medida de la tendencia de una fuerza para producir rotación; cuando un instrumento posee gran masa metálica soportara mayor torque. Al contrario pequeñas conicidad o D_1 pequeños, menores torques deben ser utilizados. Algunos motores más sofisticados, presentan control de torque. Estas características permiten calibrar cada instrumento (según su masa), en relación con el torque.

- Al utilizarse la lima de Níquel-Titanio debe ser cuidadosamente examinada, de preferencia con lupa, con el objetivo de detectarse posibles distorsiones, elongamiento de sus espirales u otras deformaciones. En estas condiciones el instrumento deberá ser descartado. Conviene destacar que la fractura puede ocurrir sin presentar cualquier defecto visible de deformación previa.
- La fatiga del instrumento aumenta con el grado de curvatura del conducto y con el número de rotaciones que sufre en el interior del mismo.
- Como regla general limas delgadas y flexibles, son vulnerables a fractura torsional, pero resistentes a fatiga cíclica; consecuentemente más largas y rígidas, pueden soportar más torque pero son más susceptibles a la fatiga cíclica.
- Es importante la irrigación copiosa con hipoclorito de sodio, durante el uso de rotatorios ^(21,39).

Transportación: es un error de procedimiento común de todas las técnicas de preparación. La terminología, "transportación del conducto" y "habilidad de permanecer centrado" utilizada en algunas publicaciones es confusa. En este estudio la transportación del conducto se refiere a movimientos de centrado de gravedad en números absolutos y en relación al promedio de curvatura ⁽⁶⁾.

CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN EL ESTUDIO

Sistema de Instrumentación	LightSpeed LSX™ ⁽⁴⁰⁾	EndoSequence ⁽⁴¹⁾	ProTaper Universal ⁽⁴²⁾
Fabricante	Discus Dental -Smart™Endodontics	Brasseler USA®	Dentsply Maillefer
Material	Níquel-Titanio	Níquel-Titanio	Níquel-Titanio
Manufactura	Estampado	Retorcido	
Tamaños disponibles	1ra, 2da y 3ra Serie ISO N° 20 a 160.	0.06 taper: #15 to #60; 0.04 Taper: #15 to #40	Shaping files SX, S1,S2, Finishing files F1,F2,F3,F4,F5
Longitudes disponibles	21,25,31,50mm	21,25,31 mm	21,25,31mm
Taper	No taper. Vástago sin corte, Delgado, flexible	Constante 0.06, 0.04	Variable
Cross Section	Forma de pala	Asimétrico	Triangular Voluminosa de lados convexos
Radial Lands	Pequeñas superficies radiales	No. Punto alterno de contacto. Mantiene centrado el instrumento, evita atornillamiento	No presenta. Se produce un área menor de contacto del instrumento con las paredes del conducto por unidad de tiempo, disminuyendo el estrés del mismo.
Diseño de la punta	Activa	No activa en la punta, pero totalmente activa con capacidad de precisión a 1mm.	Redondeada, No cortante
Rake Angle	Pequeñas superficies de corte a nivel de los ángulos	Positivo	Ligeramente negativo
Técnica utilizada	Acceso en línea recta Gates-Glidden. Instrumentación apical para determinas FAS Final pical Size	Crown Down	3 secuencias. Instrumentación básica:S1,S2,F1. Región apical ancha, región apical muy ancha.Shaping files para modelado. Hasta tercio medio del conducto. Finishing files para acabado. A longitud de trabajo.
Determinación del Diámetro apical	Cuando el instrumento requiere de un empuje fuerte, 4mm antes de llegar a longitud de trabajo. Es el instrumento ligeramente mayor al diámetro original apical.	Después que se utilice la primera lima rotatoria que alcance la longitud de trabajo.	Región apical ancha Acabado F2,F3. Región Apical muy ancha acabado F4, F5.
Velocidad	2500 – 3000 rpm	500-600 rpm	150-350rpm
Torque	Máximo	Control de Torque	Control de Torque
Otras características	Punto débil se sitúa en la unión del vástago y el mango, para retirarlo fácilmente en caso de separación del instrumento	Superficie electro-pulida. (elimina imperfecciones superficiales que debilitan las limas)	Ángulos helicoidales y pich variables con el fin de reducir el efecto rosca y facilitar la remoción de bridas.

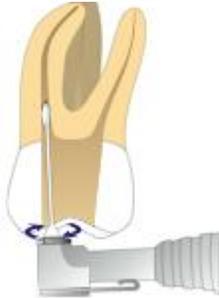
Técnica LSX₍₄₃₎

LightSpeedLSX™

DISCUS DENTAL

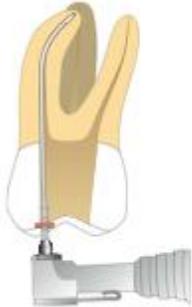
DESCRIPCIÓN TÉCNICA

1



PASO 1. ACCESO, ENSANCHAMIENTO, LONGITUD DE TRABAJO, PATENCIA DEL CONDUCTO. Después de hacer el acceso, prepare el tercio coronal del conducto con fresas Gates Glidden o el instrumento de su elección. Obtenga la longitud de trabajo, y establezca patencia del conducto.

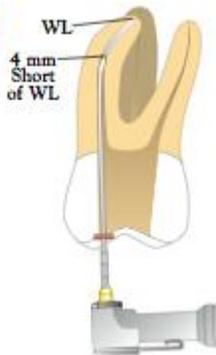
2



PASO 2: INSTRUMENTE LA PARTE APICAL DEL CONDUCTO Y DETERMINE EL DIAMETRO DE TRABAJO.

Cuando use LSX para la instrumentación apical. Recuerde avanzar lentamente el instrumento hacia apical. Cuando se sienta resistencia, pausa, y proceda a longitud de trabajo. Ésta técnica es simple: 1 Avance a resistencia, 2 Pausa a resistencia, 3 Proceda lentamente a longitud de trabajo. Su tamaño apical final (FAS) es el instrumento que encuentra resistencia 4mm o mas de la longitud de trabajo.

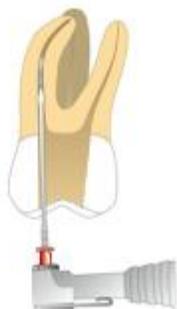
3



PASO 3: COMPLETE LA CONFORMACION APICAL.

Usando la misma técnica que en el paso 1, instrumente a 4 mm corto de la longitud de trabajo con el instrumento siguiente que la FAS. Esto conforma los 5mm apicales y prepara al conducto para un obturador simplifill que coincida.

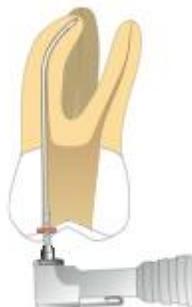
4



PASO 4: INSTRUMENTACIÓN DEL TERCIO MEDIO RADICULAR.

Instrumente el tercio medio radicular con instrumentos LSX de mayor diámetro, avance a resistencia, pause, y empuje 2 a 3 mm apicalmente después de cada instrumento, no avance ningún instrumento del tercio medio en los 5 mm finales de longitud de trabajo, a este punto del procedimiento, la técnica del tercio medio es simple. 1 Avance a resistencia, 2 Pausa a resistencia, 3 empuje 2 a 3 mm apicalmente pero no exceda los 5 mm de la longitud de trabajo. La instrumentación del tercio medio usualmente requiere no más de 3 instrumentos.

5



PASO5: RECAPITULE.

Usando la FAS en la pieza de mano, recapitule a longitud de trabajo.

PASO 6. IRRIGACION FINAL

Irrigue con NaOCl luego EDTA, luego otra vez NaOCl para limpiar los túbulos dentinarios. Finalmente, irrigue con clorhexidina. vea el sistema de irrigación EndoVac para más información.

Técnica EndoSequence⁽⁴¹⁾

Sencilla, Predecible, Precisa

Lima Expeditor™



Se usa como una guía para calcular el tamaño del conducto. Especificaciones:

#27, Conicidad de .04, 21 mm de longitud.

Crea canalización del coronal al mismo tiempo que permanece centrada.

Facilita el uso de limas EndoSequence posteriores



1. Después de acceder al conducto, confirme/establezca la falta de obstrucción cambiando a una lima manual #10 EndoSequence para una profundidad de aproximadamente la mitad de la longitud del conducto.



2. Usando la lima rotatoria Expeditor™ EndoSequence, penetre el conducto hasta que encuentre resistencia sustancial (es decir, el avance ya no sea fácil).

Usando su radiógrafo preoperatorio, resistencia de la lima manual #10 y el avance del Expeditor™, seleccione el tamaño y conicidad de paquete apropiados para el tratamiento EndoSequence.

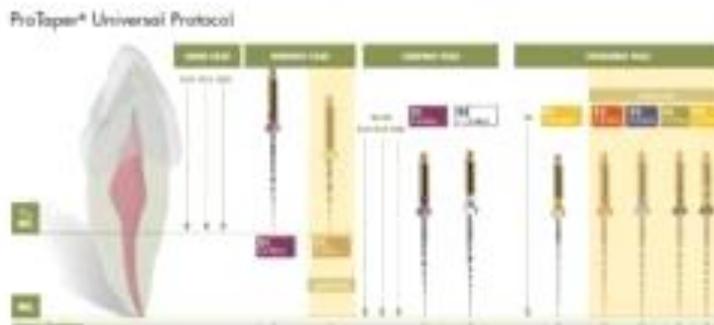


3. Trabaje el conducto de forma descendente en la corona, usando las limas EndoSequence sucesivas de su paquete de tratamiento seleccionado. Use cada lima hasta que se encuentre resistencia antes de pasar a la siguiente lima. (es decir, 30-25-20-15 para conductos pequeños).



4. Su preparación EndoSequence hacia debajo de corona y trabajada está completa y lista para obturación después que ha usado la primera lima rotatoria que alcanza la longitud de trabajo con resistencia. Para obturar, sólo escoja la punta de gutapercha EndoSequence correspondiente.

INSTRUCCIONES PASO A PASO PARA LAS LIMAS PROTAPER®(42)



1. Crear un acceso recto al orificio del conducto.
 2. Siempre irrigar y confirmar que existe un camino permeable del conducto con una lima manual ISO 015.
 3. Protocolo de uso:
 - Localizar el orificio.
 - Usar pasivamente una lima manual ISO 015 hasta encontrar resistencia.
 - Usar la lima de preparación S1 con movimiento de cepillado hasta la misma distancia que llegó la lima manual ISO 015.
 - Repetir esta secuencia hasta que se determine la longitud de trabajo con la lima manual ISO 015 y la lima S1 llegue a dicha longitud de trabajo.
 - Usar la lima de preparación S2 con movimiento de cepillado hasta alcanzar la longitud de trabajo.
 - Reconfirmar la longitud de trabajo.
 - Usar la lima de acabado F1 (movimiento de no cepillado) llegando en cada inserción a mayor profundidad hasta alcanzar la longitud de trabajo.
 - Medir el foramen con limas manuales.
 - Usar la correcta lima de acabado (F2, F3, F4, F5) con el mismo movimiento de no cepillado hasta la longitud de trabajo si se requiere más ensanchamiento o el foramen es mayor.
- Si es necesario, usar la lima SX con movimiento de cepillado para alejar la parte coronal del conducto de la furca y/o crear más ensanchamiento coronal.

MATERIALES Y METÓDOS

Descripción de procedimientos

Selección y preparación de los especímenes

se recolectaron 18 primeros y segundos molares inferiores extraídos del humano que conservaban integridad de sus raíces, los cuales fueron almacenados en solución fisiológica con cinco gotas de hipoclorito de sodio, para eliminar tejido remanente y preservar la permeabilidad de la dentina.

Se limpió la superficie externa de la raíz, eliminando fragmentos de tejido y calcificaciones mediante un raspado radicular utilizando curetas periodontales Gracey #13 y #14 (Hu-Friedy Mfg. Co., Inc., Chicago, IL, USA)

Se realizó acceso a la entrada de los conductos, de manera convencional utilizando una fresa de carburo de bola # 4 con pieza de mano a alta velocidad, (Pana-air –NSK NAKANISHI INC.Jp.). y exploración con una lima K # 10 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) para verificar la viabilidad del conducto y la presencia de forámenes independientes.

Se eliminó la raíz distal con una fresa Zecrya (Dentsply Maillefer Ballaigues, Switzerland) ya que no era objeto del estudio y para mayor visibilidad de las radiografías y de las tomografías posteriores a las cuales fue sometida la muestra.

Para seleccionar la muestra se dividió la película radiográfica a la mitad y se hicieron 2 tomas en la misma placa, cubriendo la mitad no expuesta a la radiación con una hoja de plomo.

La primera Rx (Kodak Insight Switzerland) consistió en una exposición en sentido vestibulo-lingual (*vista clínica* Rx inicial); y una segunda exposición en sentido mesio-distal con un instrumento K#10 (Dentsply Maillefer,

Ballaigues, Switzerland) en cada conducto (vista proximal), en la otra mitad de la película.

La segunda Rx, (Kodak Insight Switzerland) se tomó una exposición del conducto mesio - vestibular con un instrumento K#10 (Dentsply Maillefer), en sentido vestíbulo lingual, y una segunda toma en el conducto mesio-lingual de la misma manera, en la mitad restante de la película.

Para obtener el grado de curvatura de las raíces se utilizó el método de Schneider. En una hoja de papel calca se fijaron las radiografías (Kodak Insight Switzerland) con cinta adhesiva transparente, se colocaron sobre un negoscopio y se trazó una primera línea siguiendo el eje longitudinal del conducto y una segunda línea desde el ápice radiográfico hasta la intersección con la primera línea, donde el conducto inicia su curvatura. Posteriormente se midió el ángulo formado por los dos trazos con un transportador manual y esta medida determinó el grado de curvatura radicular. El grado de curvatura mayor de cada conducto, en ambas vistas, se registró como curvatura principal del mismo. Estos datos fueron registrados en una tabla de datos.

De ésta manera, aquellos molares que cumplieron con los parámetros establecidos, fueron incluidos dentro del estudio y se asignaron equitativamente según el grado de curvatura principal de cada conducto a los grupo A, B ó C respectivamente, de forma tal que se estableció un promedio de curvatura entre 26.5 y 27.5 grados para cada grupo.

Posteriormente los conductos fueron enumerados de la siguiente manera A1-2; A3-4; A5-6; A7-8; A9-10; A11-12, iniciando la numeración por el conducto mesio-vestibular (MV), al cual le correspondieron los números impares y los números pares fueron asignados a los conductos mesio linguales (ML). El grupo B continuó con B13-14; B15-16; B17-18; B19-20; B21-22; B23-24. El grupo C comenzó con C25-26; C27-28; C29-30; C31-32;

C33-34; C35-36. Quedando así la numeración impar del lado vestibular y los pares del lado lingual.

Se eliminó cualquier tipo de restauración que actuara como artefacto en el examen tomográfico y las superficies oclusales fueron desgastadas, con el fin de crear un punto de referencia uniforme al momento de estimar la longitud de trabajo.

Se fijaron las muestras por grupo, en un molde de acrílico que simuló una "mandíbula". Esta se colocó en una base diseñada de tal manera que quedara a una angulación de 90° con respecto al piso, simulando la posición que tendría la mandíbula de un paciente en posición de cúbito dorsal, al realizarse este tipo de examen.

Se procedió a realizar la primera tomografía para registrar la imagen inicial (pre-instrumentación) de cada uno de los conductos, de los grupos de estudio a 3 y 5mm del vértice apical. Se realizaron marcas guías en el simulador como referencia, en tres posiciones dadas por tres rayos laser guías emitidos por el tomógrafo, para asegurar que la segunda toma post-instrumentación se realizara en la misma posición. Las imágenes fueron identificadas y almacenadas en un software para su posterior utilización.

A continuación se determinó la longitud de trabajo (cavometría) utilizando una lima K # 10 (Dentsply Maillefer), la cual se colocó a ras del vértice apical, se tomó la medida y a ésta se le restó un milímetro; dato que también fue registrado.

Se distribuyó la muestra en 3 grupos de manera aleatoria, un grupo para cada técnica, quedando de la siguiente manera Grupo A LSX, (Discus Dental -Smart™ Endodontics); Grupo B, EndoSequence (Brasseler USA®) y Grupo C Protaper Universal (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland).

Posteriormente las muestras fueron instrumentadas, cada grupo con la técnica correspondiente, utilizando un micromotor endodóntico (Endo- Mate NSK NAKANISHI INC.Jp.) siguiendo las instrucciones del fabricante.

Todos los conductos fueron instrumentados por el mismo operador, en un máximo de 3 molares por día para controlar la fatiga y el estrés.

Los conductos se irrigaron entre cada instrumento con hipoclorito de sodio al 2.5 %, para eliminar cualquier resto de tejido pulpar. Posteriormente se realizó el segundo escaneo tomográfico.

El protocolo de análisis de imagen tomográfica fue el mismo en cada fase pre y post-instrumentación, la imagen fue clasificada según el grupo A, B, o C, número de muestra, fase: I pre instrumentación, II post instrumentación y nivel de corte 3 y 5 mm. Cada imagen identificada fue exportada al software Adobe Photoshop CS3 (Adobe Systems Inc, San José, CA), para hacer la superposición y posteriormente se realizó la medición utilizando el software Adobe Illustrator CS3 (Adobe Systems Inc, San José, CA).

Universo del estudio

De la clínica de cirugía y consultorios privados del área de Monterrey, Nuevo León, México, se recolectaron 18 primeros y segundos molares inferiores Extraídos Del Humano.

Criterios de selección

Las unidades seleccionadas cumplieron los siguientes criterios de inclusión al examen clínico: ápices completamente formados, conductos viables con una lima K #10 y raíces intactas; al examen radiográfico en sentido buco-lingual y mesio-distal, conductos no calcificados y separados a todo lo largo del eje longitudinal de la raíz, con grado de curvatura similar de las raíces mesiales entre 20 y 40 grados de acuerdo al método de Schneider. Como criterios de exclusión raíces previamente instrumentadas y obturadas, raíces fracturadas o con resorción externa. Como criterios de eliminación, presencia de instrumentos separados que pudieran interferir el análisis de las imágenes y/o fractura radicular durante la preparación.

Definición de variables

Las variables independientes son las Técnicas de Instrumentación LSX, EndoSequence y ProTaper Universal debido a que presentan diferentes características de diseño, como lo es la conicidad, (sin conicidad, conicidad constante y conicidad variable respectivamente).

Las variables dependientes son los conductos ya que en ellas se midió la Desviación del Eje Central a 3 y 5 milímetros del vértice apical es decir, los cambios ocasionados por las Técnicas de instrumentación o variables independientes.

PROTOCOLO DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA

La tomografía y el análisis de las imágenes se realizaron en el Centro Universitario de Imagen Diagnóstica del Hospital Universitario Dr. José Eleuterio González de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Se utilizó un equipo de tomografía (General Electric Co. Modelo: CT LIGHTSPEED VCT. Versión de software: 06MW29.7.V40_H_H64_G_GTL).

La descripción de la técnica utilizada fue suministrada por el técnico radiólogo, siendo la misma en ambas tomas, pre y post-instrumentación.

Para éste protocolo se realizaron 2 barridos del modelo pre y post-instrumentación al simulador de acrílico que contenía toda la muestra en posición de una arcada inferior, utilizando un localizador sagital. Se realizó un barrido en plano axial con modo helicoidal completo de 0.6 seg., incluyendo en éste, todas la piezas dentales involucradas en el estudio.

El posicionamiento del Gántry se mantuvo en 0°, es decir, se mantuvo en su posición vertical, ya que esto permite tener mejor calidad de imagen.

La dirección del barrido fue en sentido caudo-craneal a una longitud 56.25mm, obteniendo 90 cortes (0.625mm de espesor), en modo helicoidal 0.6 seg, 120 kV., 300 mA., 4.3 seg. tiempo del escaneo y 0.625mm de intervalo y colimación grosor del corte. Se adquirieron un total de 90 imágenes en cada barrido.

La adquisición de imágenes se envió a una estación de trabajo para realizar el post-proceso del volumen de datos con el Sistema Advantage Windows 4.2 (versión de software: AW4.2_07.O2_EXT), utilizando el programa Dentscan (versión denta_3_0_Beta, General Electric). Este programa realiza un reformateo en tiempo real de una imagen dental CT. Las

imágenes obtenidas se almacenaron en una base de datos para su uso posterior.

En cada fase pre y post instrumentación, se determinó la longitud de cada molar de la muestra (cavometría tomográfica), tomando como referencia el punto más coronal hasta el punto más apical en una vista oblicua, utilizando la herramienta del programa Denstascan, y a esa medida se le restaron 3 y 5 mm, para obtener imágenes axiales a esos niveles. Se delimito el perímetro de los conductos mesio-vestibulares y mesio-linguales de cada muestra en el plano axial.

Para determinar el eje central de los conductos, se dibujó un recuadro tangente al perímetro, desde cuyos ángulos opuestos se trazaron líneas que marcaron el centro del conducto, en el punto de intersección.

Medición de la desviación del eje central ⁽⁴⁴⁾

Para hacer la medición de la desviación del eje central, se superpusieron las imágenes axiales del conducto original y del conducto instrumentado a 3 y 5mm respectivamente, utilizando el programa Adobe Photoshop CS3.

Se marcó un punto de color verde para identificar el eje central del conducto original, y un punto color rojo para identificar el eje central del conducto trabajado. Para determinar la desviación de los ejes centrales, se midió la distancia entre los puntos marcados con las imágenes superpuestas y utilizando el programa Adobe Illustrator CS3 se hizo la conversión de pixeles a milímetros, estos datos fueron almacenados como resultado final para realizar el análisis estadístico de los mismos.

Registro de Conicidad de Trabajo de la Lima Maestra Apical

Para calcular la conicidad a la cual trabajo el instrumento a 3 y 5mm., se registró el diámetro D0 del último instrumento utilizado, denominándolo Lima Maestra Apical (D0 LMA), posteriormente se calculó el incremento de la conicidad de cada Lima Maestra Apical de los instrumentos que presentaban conicidad en su diseño, EndoSequence conicidad constante 0.4% y ProTaper Universal conicidad variable; denominando estos datos como (D2 3mm y D4 5mm), es decir la conicidad de trabajo del instrumento a los niveles del estudio. Los instrumentos LSX, al no tener conicidad se registraron según la técnica propuesta por el fabricante, siendo D2 3mm el mismo valor de la Lima Maestra Apical y D4 5mm el instrumento siguiente a la LMA que conforma los 5mm apicales. (Tabla 1).

DISEÑO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tamaño de la muestra

Para obtener el tamaño de la muestra del estudio se consultó con un estadístico, el cuál realizó el análisis del proyecto basándose en los datos de los resultados de un estudio previo similar publicado por Bergmans y colaboradores ⁽²³⁾ estos datos fueron aplicados a la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 S^2}{\epsilon^2}$$

Donde:

Z= Z α : valor de Z correspondiente al riesgo α fijado. El riesgo alfa fijado suele ser 0,05 y Z = 1,96. Con un 95% de confianza en la estimación.

ϵ = Error. Suponiendo ϵ = 0.07

S²= Varianza = (SD)² → (SD) = Desviación Estándar, según tabla anexa, del estudio de Bergmans et al ⁽²³⁾.

De ésta manera se pudieron deducir los valores y aplicarlos a la fórmula

$Z = 1.96^{(4)}$	$Z = 1.96^{(4)}$
SD= 0.13	SD=0.11
$\epsilon=0.07$	$\epsilon=0.07$
$n_0 = \frac{Z^2 S^2}{\epsilon^2}$	
$n = \frac{(1.96)^2(0.13)^2}{(0.07)^2} = \frac{0.065}{0.005} = 13$	$n = \frac{(1.96)^2(0.11)^2}{(0.07)^2} = \frac{0.046}{0.005} = 9$
$13 + 9 = 22 / 2 = 11$	

Se necesitaba que la muestra fuera un número par, por lo que se sumó uno al tamaño de muestra establecido $n = 11 + 1 = 12$

El tamaño de muestra fue de 12 conductos para cada grupo de estudio.

Siendo 3 grupos a evaluar, se recolectaron 6 molares inferiores para cada grupo, de los cuales se utilizó la raíz mesial (2 conductos por muestra, mesio-vestibular y mesio-lingual). Un total de 18 molares equivalentes a 36 conductos.

Todos los datos fueron analizados por el análisis de varianza (ANOVA)⁽⁴⁵⁾ y el método comparativo de Tukey.

RESULTADOS

Los resultados del análisis de varianza de los datos previamente registrados fueron los siguientes:

Para la variable Lima Maestra Apical (LMA), se obtuvo una media total de 39.861. Si hubo diferencia significativa ($F=8.082$ $P=0.001$), entre las medias, desviaciones estándar, mínimo y máximo, con las 3 Técnicas (LSX, EndoSequence y ProTaper Universal), (45.000 ± 4.767 , 35.000, 50.000), (37.917 ± 4.981 , 35.000, 50.000) y (36.667 ± 6.513 , 30.000, 50.000) respectivamente. Como se muestra en la Tabla N° 2.

Para la variable Conicidad del instrumento D2 3mm, se obtuvo una media total de 0.473. Si hubo diferencia significativa ($F=6.317$ $P=0.005$), entre las medias, desviaciones estándar, mínimo y máximo, con las 3 Técnicas (LSX, EndoSequence y ProTaper Universal), (0.450 ± 0.048 , 0.350, 0.500), (0.459 ± 0.050 , 0.430, 0.580) y (0.510 ± 0.035 , 0.480, 0.600) respectivamente. Como se muestra en la Tabla N° 3.

Para la variable Conicidad del instrumento D4 5mm, se obtuvo una media total de 0.553. Si hubo diferencia significativa ($F=34.362$ $P=0.000$), entre las medias, desviaciones estándar, mínimo y máximo, con las 3 Técnicas (LSX, EndoSequence y ProTaper Universal), (0.500 ± 0.048 , 0.400, 0.550), (0.539 ± 0.050 , 0.510, 0.660) y (0.635 ± 0.017 , 0.630, 0.690) respectivamente. Como se muestra en la Tabla N° 5.

Para la variable Desviación del Eje Central 3mm (DEC 3mm), no se encontró diferencia significativa ($F=2.166$ $P=0.131$), entre las medias, desviaciones estándar, mínimo y máximo, con las 3 Técnicas (LSX, EndoSequence y ProTaper Universal), (0.117 ± 0.059 , 0.026, 0.198), (0.181 ± 0.085 , 0.080,

0.380) y $(0.164 \pm 0.088, 0.051, 0.301)$ respectivamente. Como se muestra en la Tabla N° 4, se ilustra en la gráfica N° 1.

Para la variable Desviación del Eje Central 5mm (DEC 5mm), si hubo diferencia significativa ($F=6.724$ $P=0.004$), entre las medias, desviaciones estándar, mínimo y máximo, con las 3 Técnicas (LSX, EndoSequence y ProTaper Universal), $(0.212 \pm 0.070, 0.085, 0.319)$, $(0.218 \pm 0.091, 0.094, 0.450)$ y **$(0.116 \pm 0.066, 0.000, 0.235)$** respectivamente. Como se muestra en la Tabla N° 6, gráfica N° 2.

De acuerdo a los resultados de las variables antes mencionadas, la media para la Desviación del Eje Central del conducto a 3mm del vértice apical de los 3 grupos de estudio resultó en un total de 0.154mm de desviación, con un rango de 0.026mm como mínimo que reportó el Sistema LSX y un máximo de 0.380mm reportado por el Sistema EndoSequence. Es de hacer notar que a 3mm del ápice, ambos instrumentos reportaron una conicidad media de trabajo (D2) similar, de 0.450 para LSX (sin conicidad) y 0.459 para EndoSequence con conicidad constante 4%, estadísticamente, no hubo diferencia significativa entre ambos instrumentos. El Sistema Protaper Universal con conicidad variable marcó la diferencia en la media de conicidad de trabajo mayor (D2) 0.510. El Sistema LSX marcó la diferencia significativa en la media de Lima Maestra Apical (45.000). Sin embargo, al aplicar la prueba estadística de Tukey, esta no arrojó diferencia significativa de Desviación del Eje Central a nivel apical 3mm, entre los 3 grupos de estudio. (Anexos Tablas N° 2, 3 y 4).

El total de la media de Desviación del Eje Central del conducto a 5mm del vértice apical, de los 3 grupos de estudio fue de 0.182mm., con un rango de 0.000mm como mínimo que reflejó una muestra del Sistema ProTaper Universal y un máximo de 0.450mm reportado por el Sistema EndoSequence. Los instrumentos trabajaron a un diámetro promedio D4

5mm de 0.553 siendo el mínimo reportado para el Sistema LSX (sin conicidad) de 0.400 y el máximo de 0.700 para el Sistema ProTaper Universal con conicidad variable quien marcó la diferencia significativa en D4 5mm entre los 3 grupos. Al aplicar la prueba estadística de Tukey hubo diferencia significativa de Desviación del Eje Central y de conicidad D4 5mm, ambas representadas por el Sistema ProTaper Universal quien aún y trabajando a mayor conicidad D4 tuvo menor transportación a 5mm. Siendo la Lima Maestra Apical que resultó en una conicidad media menor de 36.667 (Anexos Tablas 2, 5 y 6).

Durante la instrumentación, una de las muestras del sistema ProTaper Universal F3 se separó, la muestra no se excluyó del estudio debido a que el instrumento fue el último de la secuencia y se fracturó cuando alcanzaba la longitud de trabajo, al momento de analizar la imagen se considero que no influía en los resultados del presente estudio ⁽⁴⁶⁾.

DISCUSIÓN

Hasta la fecha no ha sido reportada en la literatura la comparación directa de tres sistemas de instrumentación con diferente diseño como en el presente estudio, donde se comparó el diseño de conicidad constante del Sistema EndoSequence, conicidad variable del Sistema ProTaper Universal y la ausencia de conicidad del Sistema LSX.

La muestra del estudio incluyó 18 primeras y segundas molares mandibulares extraídas del humano, utilizando únicamente los conductos mesio-vestibular y mesio-lingual de la misma raíz con el propósito de controlar variables como longitud, dureza de la dentina, diámetro de los conductos y curvatura. Como lo hizo Bergmans y col.⁽²³⁾ al utilizar las mismas raíces en su estudio, con el fin de eliminar variables encontradas en conductos radiculares de dientes diferentes. La determinación del grado de curvatura se hizo en dos vistas (clínica y proximal), siguiendo las recomendaciones del estudio de Weiney col⁽³⁴⁾ que categorizaron la configuración del conducto de 75 segundos molares mandibulares extraídos usando radiografías en dos direcciones con limas a longitud de trabajo.

Es importante señalar que el conocimiento del diámetro transversal en un punto determinado de la lima permite al profesional darse cuenta del tamaño que tiene la lima en el punto de curvatura, y con ello la tensión relativa que se ejerce sobre la lima⁽²⁹⁾.

En el presente estudio se calculó el diámetro transversal al cual trabajó el último instrumento a los niveles evaluados, esto nos permitió hacer una comparación más exacta entre los 3 Sistemas Rotatorios, ya que al tener diferente diseño de conicidad, los mismos estarían trabajando a diferente diámetro a 3 y 5 mm.

Al momento de instrumentar la muestra, se siguió la secuencia recomendada, determinando la Lima Maestra Apical como lo indica el fabricante de cada técnica estudiada, intentando reproducir las condiciones clínicas en las cuales no existe un tamaño estándar para la Lima Maestra Apical.

De acuerdo con Paque, Ganahl, y Peters⁽⁴⁷⁾ lo ideal sería determinar un tamaño apical específico para cada conducto, pero ese procedimiento, no permitiría ningún tipo de análisis estadístico, bajo las condiciones de su estudio. Ellos compararon los efectos de la instrumentación (FlexMaster, GTRotary, Lightspeed, ProFile, ProTaper, y limas K) sobre la geometría apical de los conductos; 60 molares maxilares 180 conductos comprendieron la muestra, los conductos mesiovestibulares y distobucales se instrumentaron hasta 40, los palatinos hasta 45, a excepción de GT (20 0.06 MB; 20 0.08 DB y 20 0.10 P) y ProTaper (25 MB y DB y 30 P). Evaluaron forma apical de los 6 instrumentos con diferente diseño a 4mm apicales. De la misma manera en el presente estudio no se estandarizó la Lima Maestra Apical, respetando las indicaciones del fabricante, intentando reproducir las condiciones clínicas reales.

En el estudio realizado por Macías-Sánchez, García Aranda y Díaz Maya⁽⁴⁸⁾, se determinó el diámetro mayor y menor de un total de 540 cortes horizontales de aproximadamente 2mm de grosor, de los conductos mesiales y distales de primeros y segundos molares inferiores a tres diferentes niveles, apical medio y cervical. En los antecedentes del estudio hubo varias referencias que sugieren la ampliación mínima de los conductos mesiales debería ser determinada con base a la instrumentación, enfatizando en la mayoría de los casos la ampliación mínima debía corresponder a la de un instrumento número 25-30; según Kuttler⁽⁴⁹⁾ manteniendo el lumen del conducto lo más circular que sea posible, especialmente en su parte

terminal. Sin embargo, los autores mencionan, no se puede asegurar que la lima del número 25-30 trabaje adecuadamente a nivel apical, según los resultados que obtuvieron en el estudio, la forma del conducto debería ser la variable determinante para basar esa decisión; en su estudio, el resultado promedio obtenido en el conducto MB a nivel apical en sentido mesiodistal fue la lima número 30, pero el diámetro mayor en sentido bucolingual correspondió a una lima 55. En sus conclusiones refieren: no es posible debridar, preparar y obturar correctamente sin tener el previo conocimiento de la morfología de los conductos radiculares. Es insuficiente determinar la lima que haga ajuste a nivel apical, por lo que el conocimiento del promedio de las dimensiones del conducto tanto en sentido mesiodistal como en sentido bucolingual es importante para determinar el instrumento y la técnica en que éste va a trabajar para alcanzar todas las paredes del conducto. En concordancia con Macías-Sánchez y col. en el presente estudio se utilizaron instrumentos con un rango dentro del promedio por ellos mencionado. La Lima Maestra Apical tuvo un valor mínimo de 30.000 y máximo de 50.000, con una media de 39.861. Tomando en consideración la siguiente afirmación: Se ha propuesto que los conductos deben prepararse apicalmente a diámetros mayores para optimizar la irrigación y desinfección⁽⁵⁰⁾, y para facilitar la eliminación de microorganismos mecánicamente⁽⁵¹⁾. Sin embargo, la significancia clínica del parámetro “superficie preparada” aún no se ha podido aclarar, considerando que microorganismos viables pueden penetrar en la profundidad del túbulo dentinario y persistir durante el tratamiento endodóntico⁽⁵²⁾. En este estudio el Sistema LSX marcó la diferencia significativa como mayor diámetro promedio de Lima Maestra Apical con poca desviación del eje central.

Pasternak-Junior⁽⁵³⁾ Varios métodos han sido utilizados para evaluar la forma final de los conductos radiculares instrumentados tales como la Serie Técnica de seccionamiento⁽⁵⁴⁾ y microscopía óptica⁽⁵⁵⁾. Sin embargo, cuando

se utilizan estos métodos, una parte de la estructura de la muestra se pierde, porque hay una necesidad de recortar el diente antes de la evaluación postoperatoria. El uso de conductos radiculares simulados en bloques de resina ⁽⁵⁶⁾, a pesar de que permiten un alto grado de reproductibilidad y la estandarización, no refleja el comportamiento clínico de los instrumentos, debido a la diferencia de dureza entre la resina y la dentina. La Evaluación radiográfica⁽⁵⁷⁾, aunque, no es destructivo, sólo permite evaluar dos dimensiones. Recientemente, la tomografía volumétrica de haz de cono se ha adaptado para la odontología y en comparación con la tomografía médica da lugar a una mayor precisión y resolución, así como reducción del tiempo de adquisición de las imágenes y, en consecuencia, del tiempo de exposición a la radiación. Otra ventaja de este método es que no hay destrucción de la muestra ⁽⁵⁸⁾. Este estudio se realizó con Tomografía Computarizada volumétrica, en un tomógrafo medico. La tomografía demostró tener un alto potencial para la investigación en endodoncia, ya que se pueden obtener imágenes de estructuras dentales en un formato que antes era antes inaccesible. Se puede obtener una imagen tridimensional de un objeto tridimensional en una sola exposición, nos permite evaluar la morfología externa e interna de los tejidos duros del diente sin destrucción del mismo Cabe mencionar que el procesamiento de las imágenes requiere de tiempo y representa una herramienta de alto costo.

Williamson, Sandor & Justman ⁽⁵⁹⁾, compararon la eficacia de la limpieza de la preparación del conducto radicular bajo microscopía electrónica de barrido (SEM), utilizando tres diferentes sistemas de instrumentación rotatoria de NiTi con conicidad variable ProTaper Universal y conicidad constante ProFile GT de conicidad .04 y EndoSequence conicidad .04. Los resultados indicaron que no había ninguna diferencia en la capacidad de limpieza de los tres tipos de limas.

Bergmans y colaboradores ⁽²⁷⁾ realizaron un estudio para evaluar la influencia de un diseño suave y flexible (Lightspeed) versus un diseño cónico activo (GT) en la preparación del conducto. Dentro de su metodología se utilizaron molares mandibulares extraídos (n=10), los cuales fueron escaneados con X-ray microfocuss CT scanner, Los datos fueron analizados con ANOVA, prueba de Tukey ^ Kramer, Test de Wilcoxon y la prueba t. Los resultados indicaron que instrumentos con conicidad remueven significativamente más dentina en el tercio medio apical de la raíz en comparación con el diseño suave y flexible. Ambos grupos demostraron enderezar el conducto, pero no se encontró diferencia significativa con respecto a los tipos de instrumentos. Los valores absolutos para la transportación y centrado eran pequeños y no se encontraron aberraciones. Bajo las condiciones del estudio, la metodología utilizada y el análisis estadístico (ANOVA) concuerda con los resultados obtenidos en esta investigación, no se reportó ninguna diferencia entre el "suave" y flexible (LS) y "Activo" (GT) en la cantidad de transportación y habilidad de centrado entre los grupos, esto pudo ser consecuencia de un número insuficiente de la muestra. Después de todo, las características de la preparación del conducto pueden ser dictadas más por la anatomía que por la diferencia en el método de instrumentación. La selección del sistema debería basarse en otros criterios.

En otro estudio Bergmans y colaboradores ⁽²³⁾ evalúan la influencia de una conicidad progresiva (ProTaper) contra una conicidad constante (K3) en la preparación con técnicas rotatorias de NiTi. En su discusión refieren: En el tercio medio del conducto radicular, especialmente a nivel medio-apical, una desviación del centro hacia la parte externa de la curvatura se observó para el grupo de K3., sin embargo, el promedio del resultado de la desviación del eje central resultante fue pequeño, y por lo tanto, no se crearon aberraciones graves. Sorprendentemente este desplazamiento exterior no

resultó en el grupo ProTaper. En su opinión, esto pudo ser consecuencia de una mayor flexibilidad del diseño de las limas ProTaper o a la configuración de un aplanamiento de la curvatura del conducto radicular debido a la remoción de dentina coronal hasta el tercio medio-apical. Cualquiera que sea la razón, la curvatura en el tercio medio de la raíz no parece actuar como fulcrum (punto de apoyo) para las limas ProTaper. La Desviación del Eje Central en tercio medio y apical ha sido demostrada en diversos estudios por un movimiento exterior; utilizando diversos Sistemas Rotatorios de NiTi en conductos simulados ^(60,61,62,63) o en conductos radiculares de dientes extraídos ⁽²³⁾ Estos resultados coinciden con los reportados en este estudio donde sorprendentemente el Sistema ProTaper Universal también presentó menor Desviación del Eje Central a 5mm (tercio medio) como los resultados reportados en el estudio mencionado de Bergman y col.

La dirección de la transportación en la zona apical está principalmente relacionada con la curvatura externa ^(64, 65), aunque algunos estudios han demostrado que puede ocurrir en varias direcciones. Esto indica que la aparición de desviaciones puede depender de factores distintos de la curvatura, por ejemplo, el diseño del instrumento, las propiedades físicas de la aleación y la técnica de instrumentación (Kosa et al.1999, Peters et al. 2001). En este estudio aunque no fue una variable a considerar se observó que la desviación no siguió un patrón determinado, ya que ocurrió en varias direcciones ⁽⁵³⁾.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de este estudio, en base a los resultados obtenidos se puede concluir: los tres Sistemas (LSX, EndoSequence, ProTaper Universal), demostraron permanecer centrados con poca desviación a 3 mm del vértice apical, siendo LSX (sin conicidad) el Sistema que trabajo a mayor diámetro (45.000) como promedio de Lima Maestra Apical, sin desviarse del eje central con una diferencia significativa con respecto a EndoSequence y Protaper Universal.

ProTaper Universal (conicidad variable) demostró un mejor centrado en el tercio medio radicular (5mm). Siendo el Sistema que resultó en una conicidad media menor (36.667) como Lima Maestra Apical.

RECOMENDACIONES

Si bien los resultados de esta investigación confirman los obtenidos en estudios anteriores, recomendamos: la selección del sistema debería incluir otros criterios.

El estudio de técnicas híbridas debería ser considerado.

Utilizar tomografía volumétrica de haz de cono para estudios futuros ya que es una herramienta que se ha adaptado para la odontología y en comparación con la tomografía médica, ofrece mayor precisión y resolución, así como reducción del tiempo de adquisición de las imágenes y, en consecuencia, del tiempo de exposición a la radiación. Otra ventaja de este método es que no hay destrucción de la muestra.

Se sugiere aumentar el número de muestras de estudio y evaluar otras variables, entre ellas la forma de los conductos, y dirección de la desviación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Walton R., Torabinejad M. **Endodoncia Principios y Práctica**. 2da Edición. McGraw-Hill Interamericana 1997. Pág. 210. 552.
2. Guelzow A., Stamm O., Martus P., Kielbassa AM. **Comparative study of six rotary nickel-titanium systems and hand instrumentation for root canal preparation**. Int Endod J. 2005 Oct;38(10):743-52
3. Jurcak JJ, Bellizzi R, Loushine RJ. **Successful single-visit endodontics during Operation Desert Shield**. J Endod. 1993 Aug;19(8):412-3.
4. Bürklein S, Schäfer E. **The influence of various automated devices on the shaping ability of Mtwo rotary nickel-titanium instruments**. Int Endod J. 2006 Dec;39(12):945-51.
5. Cohen S, Burns R. **Vías de la Pulpa**. 7a, Harcourt, Madrid, España, 1999. p. 224-228.
6. Peters OA, Schönenberger K, Laib A. **Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography** . Int Endod J. 2001 Apr;34(3):221-30
7. Albrecht LJ, Baumgartner JC, Marshall JG. **Evaluation of apical debris removal using various sizes and tapers of ProFile GT files**. J Endod. 2004 Jun;30(6):425-8.
8. Baugh D, Wallace J. **The role of apical instrumentation in root canal treatment: a review of the literature**. J Endod. 2005 May;31(5):333-40.
9. Weine F, Weine FS **Tratamiento Endodóntico** . 5ta. Edición. Madrid. Editorial Harcourt Brace. 1997

10. Haapasalo M., Endal U., Zandi H. & Coil J.M. **Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions.** Endodontic Topics 2005, 10, 77–102.
11. Canalda C., Brau E. **ENDODONCIA Técnicas clínicas y bases científicas.** Masson, Barcelona, España, p. 155 - 157, 2001.
12. Hulsmann M., Peters O. & Dummer P. **Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means.** Endodontic Topics 2005, 10,30–76.
13. Leseberg D. A., Montgomery S. **The effects of Canal Master, Flex-R, and K- Flex instrumentation on root canal configuration.** J. Endod 1991; 17: 59-65
14. Roig-Cayón M., Brau-Aguadé., Canalda-Sahli C., Moreno Aguado V. **A comparison of molar root canal preparations using flexofile, canal master U, and heliapical instruments.** J Endod 1994; 20: 495-499
15. Roig-Cayón M., Basilio-Monné J., Abós-Herrándiz R., Brau-Aguadé E., Canalda-Sahli C. **A comparison of molar root canal preparations using six instruments and instrumentation techniques.** J Endod 1997; 23: 383-386
16. Knowles K., Ibarrola J., Christiansen R. **Assessing apical deformation and transportation following the use of LightSpeed™ root-canal instruments.** Int Endod J 1996; 29: 113-117.
17. Igbal M.K., Lavirini A. and Bachtein B. **A comparison of LightSpeed LS1 and Light LSX NiTi Rotary Instruments in Apical Transportation and Length Control in Simulated Root Canals.** J Endod 2007; 33:268-271
18. León T. **Evaluación de dos diferentes técnicas de instrumentación LightSpeed X y Protaper Universal en conductos severamente curvos.** Tesis de Especialidad en Endodoncia. UANL. Tomo N° 31, Mayo 2008
19. <http://www.cdewinter.com/libraries/uploaded/general/image/catalogos/brasseler/ENDO/ES%20Brochure%20Spanish.pdf>

20. [http://www.javeriana.edu.co/academiapgendodoncia/art_revision/revisi
ion_2006/i_a_revision8.html](http://www.javeriana.edu.co/academiapgendodoncia/art_revision/revisi%20ion_2006/i_a_revision8.html)
21. Leonardo Mario Roberto, Leonardo Renato de Toledo. **Sistemas Rotatorios en Endodoncia.** Brasil 2002: 18; 58; 27-28; 302-303
22. Bergmans L., Van Cleynenbreugel J., Wevers M, Lambrechts P. **A methodology for quantitative evaluation of root canal instrumentation using microcomputed tomography.** Int Endod J. 2001 Jul;34(5):390-398
23. Bergmann's L., Van Cleynenbreugel J., Beullens M, Wevers M., Van Meerbeek B., Lambrechts P. **Progressive versus constant tapered shaft design using NiTi rotary instruments.** Int Endod J. 2003 Apr;36(4):288-95.
24. Rhodes J.S., Pitt Ford T.R., Lynch J. A., Liepins P. J. & Curtis r. V. **Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology .** Int Endod J. 1999. Vol.32. Pag. 165-170
25. Yang GB., Zhou XD., Zhang H., Wu HK. **Shaping ability of progressive versus constant taper instruments in simulated root canals".** Int Endod J. 2006, 39, 791–799
26. Yang GB., Zhou XD., Zheng YL., Zhang H., Shu Y., Wu HK. **Shaping ability of progressive versus constant taper instruments in curved root canals of extracted teeth.** Int Endod J. 2007 Sep;40(9):707-14.
27. Bergmans L., Van Cleynenbreugel J., Beullens M, Wevers M., Van Meerbeek B., Lambrechts P. **Smooth flexible versus active tapered shaft design using NiTi rotary instruments.** Int Endod J. 2002 Oct;35(10):820-8.
28. Veltri M., Mollo., A., Mantovani L., Pini P., Balleri P., Grandini S. **A comparative study of Endoflare-Hero Shaper and Mtwo NiTi instruments in the preparation of curved root canals.** Int Endod J. 2005 Sep;38(9):610-6.
29. Cohen S., Hargreaves K. **Vías de la Pulpa.** Novena Edición, Elsevier, Madrid, España, p. 157-158; Cap 8, 240-296 Cap 9 296-364. 2008.

30. Weine **Endodontic Therapy**, 1982 3rd ed..pp 288-311. St. Louis. USA: Mosby.
31. Mannocci F., Peru M., Sherriff M., Cook R., Pitt Ford TR. **The isthmuses of the mesial root of mandibular molars: a micro-computed tomographic study.** Int Endod J. 2005 Aug;38(8):558-63
32. Cunningham CJ., Senia ES. **A three-dimensional study of canal curvatures in the mesial roots of mandibular molars.** J Endod. 1992 Jun;18(6):294-300.
33. Schneider SW. **A comparison of canal preparations in straight and curved root canals.** Oral Surg., Oral Med., Oral Pathol. 1971 Aug;32(2):271-5.
34. Weine FS., Pasiewicz RA., Rice RT. **Canal configuration of the mandibular second molar using a clinically oriented in vitro method.** J Endod. 1988 May;14(5):207-13.
35. Pruett J.P., Clement D.J. and Carnes D.L. **Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments.** J Endod. 1997; 23; 2 7
36. Peters O. **Changes in Root Canal Geometry after Preparation Assessed by High-Resolution Computed Tomography.** J Endod. 2001. January Vol. 27 Pag 1-6
37. Ingle J.L., Lif K. Bakland., **Endodoncia.** Quinta Edición. Mc-Graw Hill. México. 409-58.
38. <http://www.iztacala.unam.mx/~rrivas/instrumental5.html> Notas de Endodoncia Apoyo Académico por Antologías. Unidad 4: Instrumental Especializado Para Endodoncia; Profesor Ricardo Rivas Muñoz.
39. <http://www.aae.org/NR/rdonlyres/2B3BFE04-2588-477E-A06D230768D76C86/0/winter08ecfe.pdf>
40. http://www.discusdental.com/endo/20_1577_021407_DD_catalogWeb.pdf
41. <http://www.brasselerusa.com/documents/endodonticprecision.pdf>

42. <http://www.dentsplyargentina.com.ar/09.%20ProTaper%20Universal%20DFU.pdf>
43. http://www.discusdental.com/endo/inst_technique_guide.php
44. Garza L. **EndoSequence vs LSX: Análisis comparativo de la preparación de conductos de molares inferiores.** Tesis de Maestría en Ciencias Odontológicas con Especialidad en Endodoncia. Tomo 5M UANL. Diciembre 2008.
45. http://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_de_la_varianza
46. Loizides AL, Kakavetsos VD, Tzanetakis GN, Kontakiotis EG, Eliades G. **A comparative study of the effects of two nickel-titanium preparation techniques on root canal geometry assessed by microcomputed tomography.** J Endod. 2007 Dec;33(12):1455-9.
47. Paque F, Ganahl D, and Peters O, **Effects of Root Canal Preparation on Apical Geometry Assessed by Micro-Computed Tomography** J Endod 2009; July Vol. 35 Pag 1056–1059
48. Macías-Sánchez O, García-Aranda RL, Díaz-Maya MA. **Forma y diámetro de los conductos en molares inferiores.** Rev Odont Mex 2004; 8(1-2): 24-31
49. Kutler. **Fundamento de Endometeendodoncia Práctica.** 3a.Edición México: Méndez F. Editor; 1986: 7-17.
50. Ruddle **Cleaning and shaping the root canal system.** In: Cohen S, Burns RC. Pathways of the Pulp, 8th edn. St. Louis, MO: Mosby,2002 231–92.
51. Dalton BC, Orstavik D, Phillips C, Pettiette M, Trope M. **Bacterial reduction with nickel-titanium rotary instrumentation.** J Endod. 1998 Nov;24(11):763-7.
52. Peters OA, Peters CI, Schönenberger K, Barbakow F. **ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT.** Int Endod J. 2003 Feb;36(2):86-92.
53. Pasternak-Junior B, Sousa-Neto MD, Silva RG. **Canal transportation and centring ability of RaCe rotary instruments** Int Endod J. 2009 Jun;42 499–506.

54. Bramante CM, Berbert A, Borges RP. **A methodology for evaluation of root canal instrumentation.** J Endod 1987;13:243–5.
55. Jung IY, Seo MA, Fouad AF. **Apical anatomy in mesial and mesiobuccal roots of permanent first molars.** J Endod 2005;31:364–8.
56. Thompson SA, Dummer PM. **Shaping ability of ProFile.04 Taper Series 29 rotary nickel–titanium instruments in simulated root canals. Part 1.** Int Endod J 1997 30: 1–7.
57. Sydney GB, Batista A, De Mello LL. **The radiographic platform: a new method to evaluate root canal preparation in vitro.** J Endod 1991;17: 570–2.
58. Arnheiter C, Scarfe WC, Farman AG **Trends in maxillofacial cone-beam computed tomography usage.** Oral Radiology 2006;22: 80–5.
59. *Williamson AE, Sandor AJ and Justman BC.* **A Comparison of Three Nickel Titanium Rotary Systems, EndoSequence, ProTaper Universal, and Profile GT, for Canal-cleaning Ability** J Endod 2009;35:107–109.
60. Bryant ST, Dummer PM, Pitoni C, Bourba M, Moghal S. **Shaping ability of .04 and .06 taper ProFile rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals.** Int Endod J. 1999 May;32(3):155-64.
61. Bryant ST, Thompson SA, al-Omari MA, Dummer PM. **Shaping ability of Profile rotary nickel-titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals: Part 1.** Int Endod J. 1998 Jul;31(4):275-81.
62. Thompson SA, Dummer PM. **Shaping ability of NT Engine and McXim rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 2.** Int Endod J. 1997 Jul;30(4):270-8.
63. Thompson SA, Dummer PM. **Shaping ability of Mity Roto 360 degrees and Naviflex rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 2.** J Endod. 1998 Feb;24(2):135-42

64. Tasdemir T, Aydemir H, Inan U, Unal O (2005) **Canal preparation with Hero 642 rotary Ni–Ti instruments compared with stainless steel hand K-file assessed using computed tomography.** Int Endod J. 2005 38:402–8.
65. Merrett SJ, Bryant ST, Dummer PM. **Comparison of the shaping ability of RaCe and FlexMaster rotary nickel–titanium systems in simulated canals.** J Endod. 2006 32: 960–2.

ANEXOS

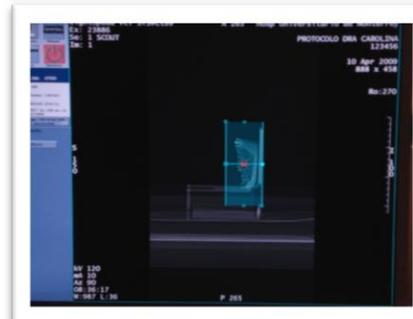
SELECCIÓN DE LA MUESTRA



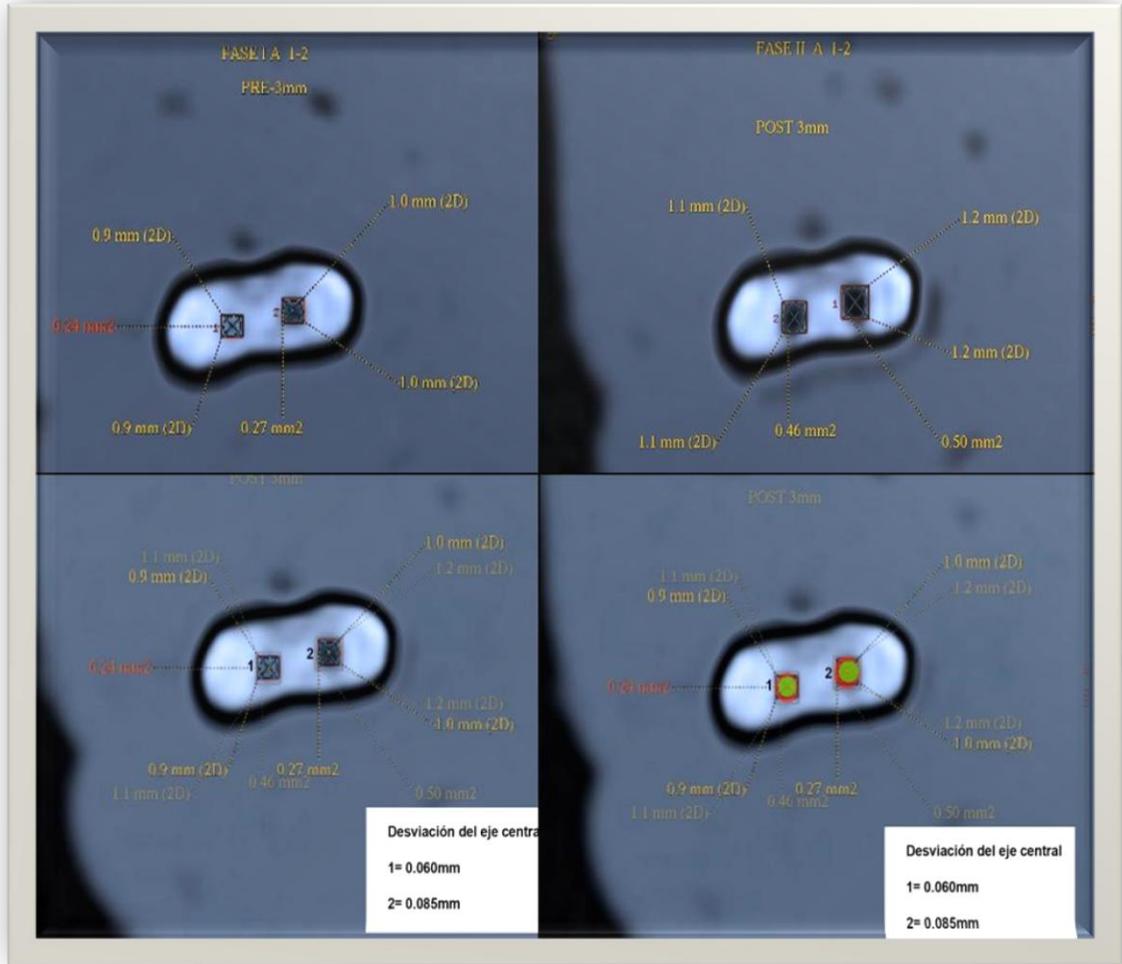
RADIOGRAFÍAS VISTA CLÍNICA Y PROXIMAL



IMAGENES DEL PROTOCOLO DE TOMOGRAFIA



IMÁGENES SECUENCIA DESVIACIÓN DEL EJE CENTRAL (3mm)



IMÁGENES SECUENCIA DESVIACIÓN DEL EJE CENTRAL (5 mm)



SECUENCIA SUPERPOSICIÓN DE IMÁGENES



TABLA DE DATOS 1.

Técnica	°CP	Cavo	LMA(D0)	D2 3mm	D4 5mm	DEC 3mm	DEC 5mm
1	22	18.5	45	0.45	0.50	0.06	0.235
1	22	18	45	0.45	0.50	0.085	0.22
1	37	18.5	50	0.50	0.55	0.134	0.236
1	25	18.5	50	0.50	0.55	0.13	0.199
1	40	18	50	0.50	0.55	0.058	0.319
1	31	18	50	0.50	0.55	0.158	0.283
1	24	18	45	0.45	0.50	0.173	0.126
1	24	17	35	0.35	0.40	0.044	0.085
1	31	17	40	0.40	0.45	0.181	0.176
1	27	18	45	0.45	0.50	0.198	0.299
1	26	17	45	0.45	0.50	0.152	0.149
1	20	17	40	0.40	0.45	0.026	0.212
2	21	17	35	0.43	0.51	0.099	0.277
2	23	16.5	35	0.43	0.51	0.193	0.15
2	23	16.5	45	0.53	0.61	0.08	0.243
2	29	15.5	40	0.48	0.56	0.265	0.245
2	23	18	35	0.43	0.51	0.242	0.173
2	23	18	35	0.43	0.51	0.38	0.45
2	24	16.5	35	0.43	0.51	0.158	0.145
2	22	16.5	35	0.43	0.51	0.173	0.157
2	30	19	50	0.58	0.66	0.109	0.094
2	32	18	40	0.48	0.56	0.145	0.209
2	40	19.5	35	0.43	0.51	0.12	0.261
2	28	20	35	0.43	0.51	0.208	0.215
3	35	14	30	0.48	0.63	0.254	0.203
3	36	14	30	0.48	0.63	0.248	0.079
3	20	20	40	0.52	0.63	0.301	0
3	27	19	30	0.48	0.63	0.197	0.137
3	24	18.5	40	0.52	0.63	0.081	0.07
3	24	18	30	0.48	0.63	0.132	0.055
3	22	18	30	0.48	0.63	0.266	0.235
3	30	17	40	0.52	0.63	0.051	0.103
3	23	18.5	50	0.60	0.69	0.083	0.106
3	24	17.5	40	0.52	0.63	0.102	0.179
3	25	18.5	40	0.52	0.63	0.184	0.097
3	40	18.5	40	0.52	0.63	0.068	0.126

*CP= Grado de Curvatura Promedio. Cavo= Longitud de trabajo 1mm. LMA= Tamaño Lima Maestra Apical. D2 3mm= Conicidad estimada del instrumento a 3mm del ápice. D4 5mm= Conicidad estimada del instrumento a 5 mm del ápice. DEC 3mm= Desviación del Eje Central a 3mm del ápice. DEC 5mm= Desviación del Eje Central a 5mm del ápice

TABLA 2.

(LMA) LIMA MAESTRA APICAL

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
			Estadísticas descriptivas					Análisis de varianza	
Variables	Técnicas	Tukey	N	Media	Desviación Std.	Mínimo	Máximo	F	P
LMA	LSX	B	12	45.000	4.767	35.000	50.000	8.082	0.001
	ENDOSEQUÉ	A	12	37.917	4.981	35.000	50.000		
	PROTAPER	a	12	36.667	6.513	30.000	50.000		
	Total		36	39.861	6.490	30.000	50.000		

Columna C= Letras diferentes marcan diferencia significativa

TABLA 3.

ANÁLISIS DE VARIANZA CONICIDAD DEL INSTRUMENTOS

D2 (3mm)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
			Estadísticas descriptivas					Análisis de varianza	
Variables	Técnicas	Tukey	N	Media	Desviación Std.	Mínimo	Máximo	F	P
D2 3mm	LSX	a	12	0.450	0.048	0.350	0.500	6.317	0.005
	ENDOSEQUÉ	a	12	0.459	0.050	0.430	0.580		
	PROTAPER	b	12	0.510	0.035	0.480	0.600		
	Total		36	0.473	0.051	0.350	0.600		

Columna C= Letras diferentes marcan diferencia significativa

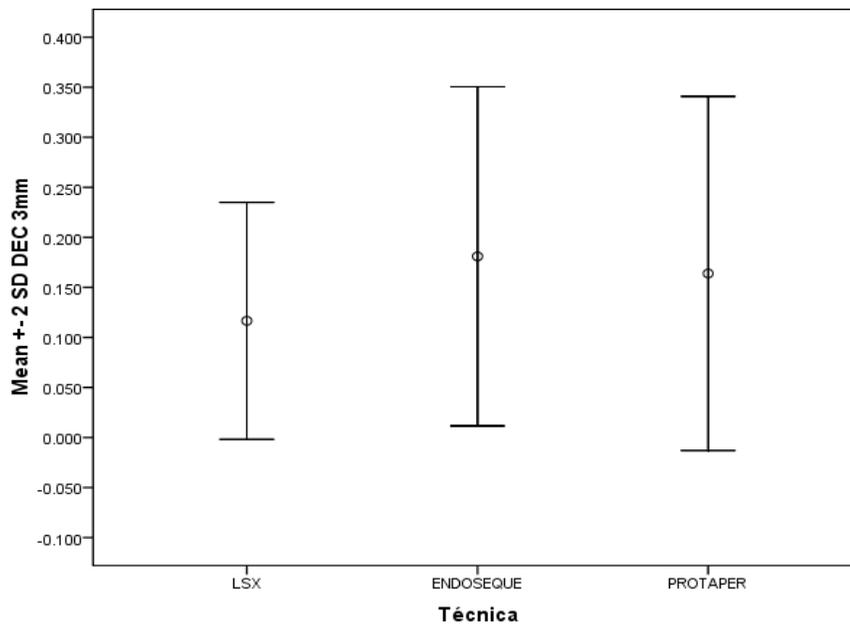
DESVIACIÓN DEL EJE CENTRAL (3mm)

TABLA 4.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
			Estadísticas descriptivas					Análisis de varianza	
Variables	Técnicas	Tukey	N	Media	Desviacion Std.	Minimo	Maximo	F	P
DEC3mm	LSX	a	12	0.117	0.059	0.026	0.198	2.166	0.131
	ENDOSEQU	a	12	0.181	0.085	0.080	0.380		
	PROTAPER	a	12	0.164	0.088	0.051	0.301		
	Total		36	0.154	0.081	0.026	0.380		

Columna C= Letras diferentes marcan diferencia significativa

GRAFICA 1.



ANÁLISIS DE VARIANZA CONICIDAD DEL INSTRUMENTO

D4 (5mm)

TABLA 5.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
			Estadísticas descriptivas					Análisis de varianza	
Variables	Técnicas	Tukey	N	Media	Desviación Std.	Mínimo	Máximo	F	P
D4 5mm	LSX	a	12	0.500	0.048	0.400	0.550	34.362	0.000
	ENDOSEQUÉ	a	12	0.539	0.050	0.510	0.660		
	PROTAPER	b	12	0.635	0.017	0.630	0.690		
	Total		36	0.553	0.065	0.400	0.700		

Columna C= Letras diferentes marcan diferencia significativa

DESVIACIÓN DEL EJE CENTRAL (5mm)

TABLA 6.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
			Estadísticas descriptivas					Análisis de varianza	
Variables	Técnicas	Tukey	N	Media	Desviación Std.	Mínimo	Máximo	F	P
DEC 5mm	LSX	a	12	0.212	0.070	0.085	0.319	6.724	0.004
	ENDOSEQUÉ	a	12	0.218	0.091	0.094	0.450		
	PROTAPER	b	12	0.116	0.066	0.000	0.235		
	Total		36	0.182	0.088	0.000	0.450		

Columna C= Letras diferentes marcan diferencia significativa

GRAFICA 2.

