



**UNIVERSIDAD DE GRANADA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE
ESTOMATOLOGÍA**



Jorge Paredes Vieyra

Granada, 2005

DON SANTIAGO GONZÁLEZ LÓPEZ, PROFESOR TITULAR DEL DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA.

DOÑA MARÍA PALOMA GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, PROFESORA ASOCIADA DEL DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA.

Certifican:

Que los trabajos efectuados para la elaboración de la Tesis Doctoral titulada "MANEJO DE CONDUCTOS CURVOS CON TRES SISTEMAS ROTATORIOS Y UNO MANUAL BAJO EL CONCEPTO DEL CENTRADO DE LA INSTRUMENTACIÓN", presentada por Don Jorge Paredes Vieyra, han sido realizados bajo nuestra supervisión y dirección, reuniendo las condiciones académicas para optar al Grado de Doctor.

Granada, 29 de julio de 2005



Dr. Santiago González López
Profesor Titular
Departamento de Estomatología
Universidad de Granada



Dra. María Paloma González Rodríguez
Profesora Asociada
Departamento de Estomatología
Universidad de Granada

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por su infinita paz y sabiduría.

A mi esposa Julieta, a mis hijos Jorge Diego Raphael, Leonardo Alexander por su amor eterno.

A mis maestros de la Universidad de Granada, España: Don Alejandro, Don Manolo y Don Juan Carlos, por su amistad.

A mi tutor y director de Tesis Doctoral Don Santiago González, por el apoyo incondicional, la paciencia y el tiempo que me brindó como amigo y guía en este doctorado.

A mi directora de Tesis Doctoral, la Dra. María Paloma González Rodríguez por el tiempo y esfuerzo dedicados a este trabajo.

ÍNDICE

I. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	1
II. INTRODUCCIÓN.....	5
III. MATERIAL Y MÉTODOS.....	15
III.I. Obtención de la muestra	15
III.II. Preparación de los especímenes.....	15
III.III. Instrumentación de los conductos radiculares.....	20
III.III.I. Fuerzas Balanceadas	20
III.III.II. Sistema LightSpeed.....	21
III.III.III. Sistema ProTaper.....	22
III.III.IV. Sistema Hero 642.....	23
III.IV. Evaluación de los especímenes	24
III.V. Análisis de los datos	26
IV. RESULTADOS.....	27
IV.I. Forma de los conductos.....	27
IV.II. Centrado de los conductos.....	32
IV.III. Limpieza de los conductos.....	43
V. DISCUSIÓN.....	57
VI. CONCLUSIONES.....	69
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	71

I. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

El tratamiento de conductos radiculares es una alternativa que se le ofrece al paciente cuando el tejido pulpar del diente afectado está inflamado, ha perdido su vitalidad o se encuentra expuesto a los fluidos bucales.

El llevar a cabo un tratamiento en conductos rectos, no representa problema alguno para el clínico; sin embargo, realizarlo en conductos curvos requiere de habilidad, destreza, y entrenamiento.

El diagnóstico del diente a intervenir es imperativo para poder continuar con las maniobras operatorias dentro de conducto, pues si el clínico desconoce lo que retira, con qué lo realiza y los medios que facilitan este tipo de maniobras es de esperarse una disminución en el porcentaje de éxito.

No sólo es importante saber lo que estamos retirando del sistema de conductos, sino también lo que se pudiera dejar dentro de ellos. El dejar restos de material vital o necrótico provocará en el paciente una respuesta inflamatoria dolorosa a corto plazo. Esta situación clínica puede presentarse durante la limpieza y ensanchado, y está asociada con el material que se desplaza más allá del foramen apical.

El manejo de conductos curvos siempre ha sido un reto para el odontólogo, aún para el más experimentado. Los cambios en la morfología interna son mucho más rápidos y peligrosos en los conductos curvos, y pueden conducir al fracaso.

El problema más comúnmente encontrado durante el ensanchado de los conductos curvos es la formación de escalones, además de la acumulación de limalla o lodo dentinario en el tercio apical.

Este problema se acentúa en conductos curvos y finos, con independencia del tipo de irrigante que se utilice. El agente irrigante no puede limpiar los restos de material vital o necrótico de los conductos de tamaños pequeños equivalentes a una lima calibre 10 a 20^[1].

La forma del conducto más apropiada para obturar con gutapercha y sellador es aquella que posee una conicidad continua, con un diámetro menor en el ápice y mayor en la entrada del conducto radicular^[2].

Instrumentar un conducto curvo genera fuerzas que hacen que un instrumento sea presionado más agresivamente en la pared externa de la porción apical y que disminuya su eficacia de corte en las paredes internas del conducto. Fuerzas desequilibradas como éstas pueden resultar en transporación, escalones y perforación apical^[3].

El descuido en el reconocimiento y respeto de los elementos anatómicos del tercio apical durante el desarrollo del tratamiento puede llevar a una transporación^[4].

Los conductos radiculares atrésicos y curvos están representados principalmente por los vestibulares de los molares superiores y los mesiales de los molares inferiores^[5].

El manejo del sistema de conductos radiculares debe estar enfocado a la limpieza de todo el conducto, pero muy en especial del tercio apical; puesto que es en este sitio en donde se espera se lleve a cabo la reparación^[6].

Un inadecuado ensanchado del tercio apical y cuerpo del sistema de conductos, no permite la obturación tridimensional y limita al operador a utilizar un material de obturación más delgado, por lo que se sacrifica la calidad del sellado apical. La preparación manual del sistema de conductos

fue, hasta la década de los años noventas, una maniobra sobresaliente y confiable, además de ser relativamente rápida.

En la actualidad, los nuevos sistemas de preparación biomecánica, basados en diferentes tecnologías y metalurgia, permiten al clínico negociar con cierta facilidad curvaturas en cualquier parte del sistema de conductos radiculares. La instrumentación rotatoria es, sin duda, una herramienta útil para el operador.

En este estudio se utilizaron dientes permanentes naturales en los que se evaluó, bajo microscopía estereoscópica y electrónica de barrido, el centrado de la instrumentación que ofrecen tres sistemas rotatorios y uno manual para limpiar, ensanchar y conformar el sistema de conductos radiculares.

Por todo lo argumentado anteriormente, los objetivos propuestos en este estudio son:

1.- Determinar, mediante imágenes de cortes transversales de los tres tercios del conducto radicular, qué sistema de instrumentación manual (Fuerzas Balanceadas) o rotatoria (LightSpeed, ProTaper y Hero 642) mantiene el centrado de la preparación del conducto, en dientes unirradiculares con diferentes grados de angulación radicular («20° o menos», «21° a 30°» y «31° a 40°»).

2.- Evaluar, en cortes transversales de los tres tercios del conducto radicular, qué sistema de instrumentación manual (Fuerzas Balanceadas) o rotatoria (LightSpeed, ProTaper y Hero 642) elimina mayor cantidad de limalla dentinaria del conducto, en dientes unirradiculares con diferentes grados de angulación radicular («20° o menos», «21° a 30°» y «31° a 40°»).

II. INTRODUCCIÓN

Con objeto de reducir los errores durante la preparación de los canales radiculares curvos se han introducido diversas modificaciones en las técnicas de instrumentación, en el diseño y la flexibilidad de los instrumentos^[7].

Es importante que el clínico tome en consideración el material con el que va a cortar la dentina, el material del que está fabricado, el diseño, el agente irrigante que será utilizado, así como la fuerza que empleará el operador ante conductos curvos o aparentemente estrechos^[8].

Se considera que la eliminación de las aberraciones morfológicas y la completa debridación del tejido es importante para satisfacer la preparación del conducto radicular^[9].

El clínico se puede enfrentar a una gran variedad de conductos por lo que existe gran diversidad de diseños de limas capaces de instrumentar sin ninguna transportación^[10].

La instrumentación de los conductos radiculares siempre deja áreas no preparadas en el conducto radicular. Haga^[11] demostró que la instrumentación hasta la lima número 35 no alisó las paredes del conducto.

Subsecuentemente, varias técnicas se han desarrollado, todas basadas en el movimiento rotatorio, para realizar una preparación satisfactoria en conductos curvos, como el sistema LightSpeed introducido por Senia y Wildey^[12].

Abou-Rass^[9] describió una técnica de instrumentación anticurvatura que mantiene la integridad del conducto en su porción delgada y reduce la posibilidad de perforación.

Thompson^[13] describió algunos de los efectos que se producen en el conducto radicular cuando son preparados con níquel titanio.

En la técnica descrita por Roane^[14] se introduce la lima a longitud de trabajo y se realizan giros de 180° en sentido de las manecillas del reloj, auxiliándose con el uso de las fresas Gates Glidden. Este movimiento de rotación se continúa hasta que se logre la longitud deseada, para posteriormente girarla en sentido antihorario y tracción^[15].

Para aliviar los efectos de la curvatura de los conductos en la porción apical, Goering^[13] sugiere ensanchar primero la porción apical del conducto.

Debido a que los conductos tienden a enderezarse y a bloquear el tercio apical se produce una ligera pérdida de la longitud de trabajo^[2].

Roig-Cayon y cols.^[16] consideran que el método originalmente propuesto por Schneider en 1971 y posteriormente por Jungman, está basado en el ángulo y el radio del círculo, el cual puede ser superpuesto en el conducto radicular^[17].

La separación de curvaturas fue hecha porque de haberse combinado, una aparente rectitud hubiera sido el resultado^[18].

Schneider fue el primero en describir un método fiable para determinar la curvatura de los conductos, bajo análisis de radiografías, y es propuesto durante un estudio realizado por Pereira Lopes y cols.^[19]. La clasificación de los conductos está basada en el grado de la curvatura: rectos: 5 grados o menos, moderada: 10-20 grados, severa: 25-70 grados.

En el desarrollo del presente trabajo modificamos los procedimientos desarrollados por Bramante y cols.^[20] en 1987, que permiten examinar la transportación del conducto después del ensanchamiento en dientes ex-

traídos. La modificación realizada en el presente trabajo consistió en colocar guías metálicas que sirvieran como vía de inserción de los cortes transversales en el momento de llevarlos a la mufla.

Kuttler y cols.^[21] diseñaron, en base a los conceptos de Bramante^[20], un dispositivo mecánico para ser ensamblado, llamado cubo endodóntico. Las diferencias del cubo endodóntico con la técnica de Bramante radican en el número de partes por unir del dispositivo, así como por la facilidad en el manejo del mismo. Puede realizarse una comparación directa al examinar las posiciones de la forma original y el instrumentado del conducto en un corte transversal, utilizando las fotografías^[22].

La atención también ha sido dirigida hacia la punta del instrumento: la punta influencia la preparación del conducto y sobre todo su eficiencia en el corte, por lo que reduce el riesgo de perforación y escalón^[7].

Un instrumento seguro y eficiente debe resistir la ruptura durante el uso normal, continuar el ensanchamiento en la forma original del conducto, y evitar escalones, desviaciones o perforaciones^[23]. Como consecuencia de esto, el radio de la curvatura aumenta la porción apical del conducto en las proximidades del foramen fisiológico, que se ensancha durante la preparación^[24].

Senia^[25] propuso algunos de los requisitos que se deben contemplar durante el tratamiento de conductos, en los que el clínico debe hacer énfasis para lograr el éxito:

- ❑ Remoción de todo material vital o necrótico que se encuentre dentro del sistema de conductos.

- ❑ Promover la salud periapical o perpetuar su homeostasis.

- ❑ Respeto absoluto al conducto cementario.
- ❑ Mantener la forma y posición original del foramen apical.
- ❑ Limpieza, ensanchado y modelado del sistema de conductos necesaria para recibir al material de obturación.
- ❑ Dominio de la técnica o método para la limpieza, ensanchado y modelado del sistema de conductos.
- ❑ Dominio de la técnica o método para el sellado tridimensional del sistema de conductos.

Schrader y cols. en 1999^[26] sugirieron la descripción de una técnica desarrollada paso a paso en la que describieron la forma en que los instrumentos son usados, cortan, y deben ser reemplazados.

Las técnicas y métodos modernos para la limpieza y ensanchado buscan la optimización en tiempo y esfuerzo sin poner en riesgo la calidad de las maniobras clínicas, hecho que radica en la constitución y características del material que se va a cortar y en el diseño del instrumento mismo.

De las referencias bibliográficas revisadas en el presente estudio, resalta la intención de los autores en cuanto a la importancia que debe darle el clínico al instrumento que selecciona, como lo utiliza y en que condiciones debe emplearlo.

La revisión de la literatura refleja también el simplificar las maniobras de limpieza, ensanchado y modelado del sistema de conductos radiculares.

Con un título muy sugestivo: "Antibióticos vs Instrumentación" se lanzó la advertencia de que la limpieza y la instrumentación del conducto radicular

fuesen tal vez mucho más importantes que la medicación que se colocara en su interior^[27].

En la actualidad los instrumentos para efectuar la limpieza, ensanchado y modelado del sistema de conductos radiculares se fabrican de acero al carbón o acero inoxidable, para asegurar la dureza y rigidez requerida para la preparación de las paredes dentinarias del conducto^[28].

Existen recientes modificaciones de los instrumentos en cuanto al diseño: en su punta y angulación de las hojas; así como en el tipo de aleación utilizada en la fabricación de limas tipo Flex-R, instrumentos rotatorios tipo LightSpeed, Protaper y Hero 642 de conicidad 0.02 a 0.06, Quantec serie 2000, etc.^[29].

Estos instrumentos están contruidos de acuerdo a los antiguos principios de que el corte activo o la sección de las hojas de un instrumento endodóntico debe de tener 16mm de largo.

El clínico siempre se expondrá ante situaciones como: irregularidades del conducto radicular, angulaciones apicales excesivas, calcificaciones del conducto, etc.; situaciones que de cualquier forma favorecen la transportación apical, formación de codos que suelen ocurrir cuando se instrumentan conductos curvos utilizando ensanchadores o limas de 16mm^[30].

En los diez últimos años han aparecido numerosos sistemas de limas para la preparación de conductos curvos. Como suele ocurrir con la mayor parte de los productos nuevos, varios de esos sistemas han resultado muy útiles y eficaces, pero muchos otros son totalmente inútiles y algunos pueden ser potencialmente perjudiciales^[31].

La mayoría de los sistemas empleados para limpiar y ensanchar los conductos radiculares han experimentado mejoras en tres aspectos muy importantes:

- Aumento de la flexibilidad por una modificación del diseño de las limas
- Aumento de la flexibilidad por una modificación de los metales en la fabricación de las limas.
- Instrumentos endodónticos manuales y rotatorios con punta redondeada y sin filo.

Senia y Wildey^[32] consideraron que los puntos anteriores y la reducción de la longitud de las limas en donde se encuentran las hojas cortantes, facilitarían la instrumentación de conductos curvos.

Para algunos autores^[33-35], los instrumentos empleados en conductos curvos deben cumplir con alguna de las tres características siguientes:

- Penetración, o capacidad de acceder al extremo de un conducto estrecho.
- Posibilidad de efectuar una preparación cónica del conducto.
- Mantenimiento de la configuración de la curva.

La técnica de fuerzas balanceadas, introducida por Roane en 1985, se auxilia en el método de la instrumentación rotatoria bajo fresas Gates Glidden ^[36-39].

Roane introdujo la lima flexible Flex-R y describió la técnica llamada Fuerzas Balanceadas como una forma efectiva de reducir o eliminar la transportación durante la instrumentación^[40-42].

La técnica de fuerzas balanceadas se realiza introduciendo la lima en sentido de las manecillas del reloj con una ligera torsión, cuando se siente que los bordes cortantes se ajustan en las paredes del conducto, la lima es rotada en sentido de las manecillas del reloj ,aproximadamente 180°, mientras se mantiene la presión apical^[43-45].

La limpieza y ensanchado de los conductos radiculares era un procedimiento difícil, porque los instrumentos estaban pobremente diseñados para estas maniobras. Posteriormente, varios diseños de instrumentos fueron fabricados^[46-48].

Las técnicas y métodos modernos para la limpieza y ensanchado buscan la optimización en tiempo y esfuerzo sin poner en riesgo la calidad de las maniobras clínicas, hecho que radica en la constitución y características del material que se va a cortar y en el diseño del instrumento mismo^[49-52].

Han surgido nuevos y numerosos sistemas de instrumentos para la preparación de conductos curvos, pero como suele ocurrir cumplen con cierta moda o temporada y son reemplazados por otros que traen detrás de ellos todo un equipo de mercadotecnia aunque resulten poco eficientes^[53,54].

Senia y Wildey^[32] introdujeron un nuevo instrumento y técnica, el Canal Master, el cual tiene las siguientes características: punta piloto no cortante, hojas cortas y un diámetro constante en el mango^[24].

Los instrumentos Canal Master U podían producir preparaciones más redondas de los conductos, causar menos transportación, mantener mejor

centrado, y menor extrusión apical de debris que la instrumentación convencional en conductos curvos^[54].

De alguna forma, los instrumentos manuales de acero inoxidable pierden la forma y se rompen rápidamente.

La segunda generación del Canal Master, el Canal Master U, tuvo pocas modificaciones en su diseño y técnica, tales como medidas intermedias, una hoja en forma de U en lugar de triangular, y un continuo movimiento rotatorio en sentido de las manecillas del reloj, en lugar de movimiento de ancla. Fue descrito como más eficiente y más rápido, y los números intermedios reducen el estrés torsional del instrumento.

Un cambio de diseño más reciente en el Canal Master U se hizo posible debido a la introducción del níquel-titanio. El níquel-titanio dio a LightSpeed una magnífica flexibilidad y resistencia al doblez (estrés) y la fatiga; el cual lo hizo menos propenso a la fractura. Estas propiedades del metal facilitaron la instrumentación mecánica^[54].

Un novedoso sistema rotatorio a base de níquel-titanio aparece como alternativa para el manejo de conductos curvos con mayor rapidez que otros sistemas convencionales^[55]. Los instrumentos Hero 642 aparecen en la Endodoncia como un tipo de instrumento de 16 milímetros de hojas cortantes, con un corte transversal de triple hélice^[56]. Además de esta triple hélice, los instrumentos Hero 642 presentan tres tipos de conicidad o taper: .06, .04 y .02.

El sistema Hero 642 presenta una serie de nueve instrumentos, del calibre 20 a 30, aparte de existir 6 instrumentos más con calibre 35, 40 y 45; los cuales requieren ser manejados de 300 a 350 rpm.

En un intento de reducir el número de instrumentos rotatorios utilizados en la limpieza y ensanchado del sistema de conductos radiculares aparecen los instrumentos Protaper^[38-39].

El sistema Protaper se presenta en un juego de 6 instrumentos, de los cuales tres se utilizan para ensanchar, llamados SX, S1 y S2, y tres para el terminado del sistema de conductos radiculares identificados como F1, F2 y F3^[57].

Dentro de la terminología empleada por el fabricante, S significa Shape, mientras que F significa Finish.

Machtou^[58] propuso un orden secuencial para el manejo de los instrumentos Protaper, con la característica de que el instrumento SX, es de menor longitud que el resto de los demás instrumentos.

III. MATERIAL Y MÉTODO

III.I. OBTENCIÓN DE LA MUESTRA

Ciento cuarenta dientes permanentes unirradiculares humanos recién extraídos y libres de caries fueron utilizados en este estudio. Los criterios de inclusión de los dientes en la muestra fueron: raíces completamente formadas, con un solo conducto permeable y una angulación radicular que no excediera los 40 grados^[47], sin patología periapical y sin resorción interna y/o externa. La longitud radicular de los dientes se situaba entre 12 y 15 milímetros, y no se utilizaron raíces con más de una curvatura.

Los dientes fueron colocados en un recipiente de plástico con hipoclorito de sodio al 1% (Purex, Temecula, California, USA) a una temperatura de 38 grados centígrados durante 10 minutos; posteriormente se lavaron en agua corriente durante un minuto y se introdujeron en formalina al 3% (Productos químicos de Baja California, Tijuana, México) hasta su utilización.

III.II. PREPARACIÓN DE LOS ESPECIMENES

Los 140 dientes fueron distribuidos al azar en cuatro grupos (n=35) para ser instrumentados de la siguiente manera:

Grupo I: instrumentación manual mediante fuerzas balanceadas (FB).

Grupo II: instrumentación rotatoria con sistema LightSpeed™ (LS).

Grupo III: instrumentación rotatoria con sistema ProTaper™ (PT).

Grupo IV: instrumentación rotatoria con sistema Hero™ 642 (HR).

Antes de proceder a la instrumentación se tomaron radiografías periapicales preoperatorias (Aparato de rayos X CCX digital 2000. Trophy, Vincennes, France) a cada uno de los dientes.

Durante todas las exposiciones se mantuvo siempre la misma distancia foco-objeto, kilovoltaje y miliamperaje. Para ello se empleó un aditamento para mantener la distancia constante similar al utilizado por Southard^[48]. Se realizó la exposición del diente desde vestibular y proximal mesial.

Al tubo de rayos X se le adaptó una base de 25 centímetros de longitud con un contenedor en el extremo opuesto a la salida del tubo de rayos X, para recibir y colocar en posición la placa radiográfica y cada uno de los dientes del estudio. Colocada la radiografía y el diente en el contenedor se usó plastilina para manipular las posiciones del diente.

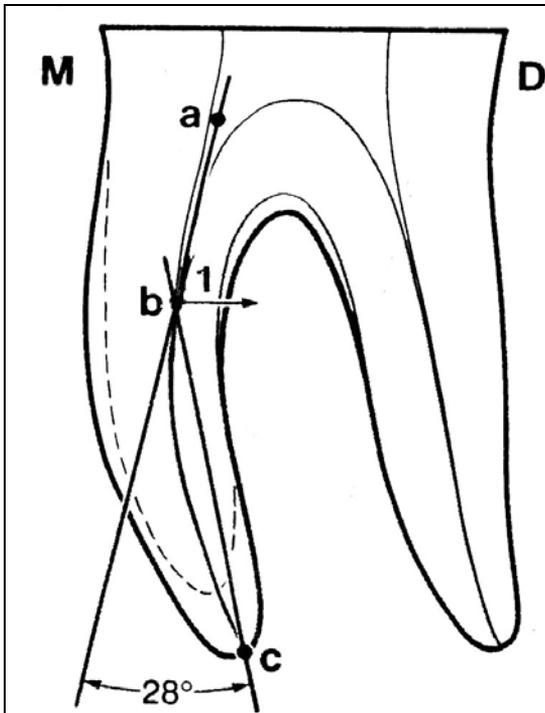
A cada radiografía empleada y en la cara opuesta a la laminilla de plomo que contiene, se trazo una línea que dividiera a la radiografía en dos partes iguales. Se le colocó una laminilla de plomo que cubriera la mitad de la superficie por radiar, mientras que en el lado contiguo se le adhirió el diente mantenido en posición con la plastilina.

Para la radiografía de la otra faceta del diente, se cambio el plomo hacia la parte que no fue radiada en la exposición anterior y se colocó nuevamente la cara del diente para ser radiada. De esta manera se lograron dos imágenes del diente en una misma radiografía^[32].

Mediante estas radiografías se pudo verificar los siguientes parámetros:

a) El número de conductos por raíz. Se descartaron las raíces que presentaban más de un conducto.

b) Curvatura. Los dientes fueron clasificados en tres grupos atendiendo al grado de curvatura del conducto radicular, determinado mediante el método de Schneider^[47]: 1- dientes que presentaban una curvatura radicular igual o menor de 20 grados, 2- dientes que presentaban una curvatura radicular entre 21 y 30 grados, y 3- dientes cuyas raíces tenían una curvatura entre 31 y 40 grados.



Para calcular la angulación de la raíz se trazó una línea tangente desde el inicio del conducto (a) hasta el punto de máxima curvatura (b) y posteriormente otra línea que pasara por el ápice (c) hasta el punto de máxima curvatura. Se midió el ángulo que formaban estas dos líneas.

Figura 1. Método de Schneider^[47] para establecer el grado de curvatura.

En la Tabla 1 se presenta la distribución de los especímenes atendiendo al sistema de instrumentación del conducto utilizado y al grado de curvatura del conducto radicular. Como se puede observar la comparación entre los diferentes sistemas de instrumentación no muestra diferencias significativas en cuanto a la distribución porcentual del grado de curvatura de los conductos radiculares.

Tabla 1. Distribución del grado de curvatura según grupo de instrumentación. Comparación.

Grupo n (%)	curva			Total
	< - igual 20	>21 - 30	>31 - 40	
Fuerzas Balanceadas	4 (11,4)	20 (57,1)	11 (1,4)	35 (100,0)
LightSpeed	3 (8,6)	21 (60,0)	11 (31,4)	35 (100,0)
ProTaper	0	21 (60,0)	14 (40,0)	35 (100,0)
Hero 642	0	24 (68,6)	11 (31,4)	35 (100,0)
Total	7 (5,0)	86 (61,4)	47 (33,6)	140 (100,0)
Comparación	χ^2 (6 gl)=8,279 p=0,218			

n: tamaño muestral. gl: grados de libertad.

χ^2 : Chi-cuadrado [comparación de n proporciones de muestras independientes].

c) Permeabilidad del conducto. Se verificó que los conductos no hubiesen sido tratados anteriormente, que no presentaran rarefacciones dentro del conducto, fracturas, ni calcificaciones.

Antes de proceder a cortar los dientes transversalmente se realizó el acceso cameral, sobre el centro de la cara lingual en dientes anteriores y en el centro de la cara oclusal en premolares, con una fresa 331 de carburo de tungsteno (Komet BRASSELER GmbH & Co. Lemgo, Germany). La cámara pulpar fue irrigada con 2 centímetros cúbicos de hipoclorito de sodio al 1% y con un explorador de conductos DG16 (Maillefer Instruments. Ballaigues, Switzerland) se verificó la entrada al conducto radicular. A todos los dientes se les introdujo una lima tipo K del número 10 (Maillefer Instruments. Ballaigues, Switzerland) hasta que fuera visible por el extremo de la raíz, para verificar que el conducto fuera permeable y estuviera libre de calcificaciones. Retirada la lima del diente se midió la longitud mediante una regla milimetrada (Moyco–Union Broach Co. York, PA, USA) y se le restó un milímetro, obteniéndose de esta manera la longitud de trabajo.

Para tener un registro de la longitud de trabajo, a todos los dientes se les volvió a tomar una radiografía con la lima a dicha longitud bajo las condiciones previamente establecidas en el estudio.

Para realizar el montaje de los dientes se utilizó una mufla^[20] donde se insertaron los dientes tras colocar un separador; posteriormente se relleno la mufla con resina acrílica autopolimerizable. En cada uno de los extremos del compartimiento interno de la mufla se colocaron dos guías metálicas para que cada porción de cubo cortada tuviera la misma línea de inserción y, una vez endurecido el acrílico, los cubos pudieran ser retirados de la mufla.

Tras el vaciado se comprobó que no hubiera burbujas de aire atrapadas en el acrílico, se marcaron las caras del diente y se procedió a realizar cortes transversales de 3 milímetros desde apical hasta el tercio coronal^[21]. Se empleó una sierra y guía para cortar huesos de cadáver (SEMEFO. Tijuana, México). Cada una de las porciones fue identificada para su posterior ensamblaje.

Mediante un estereoscopio (Bauch & Lomb) a 60x y una cámara digital (SONY F717) fueron tomadas imágenes de los tercios coronal, medio y apical de cada uno de los dientes antes de ser instrumentados con las diferentes técnicas. En estas imágenes se valoró la **forma del conducto** clasificándola en^[59]:

- a) Redondo.
- b) Oval.
- c) Irregular.

Los segmentos radiculares cortados fueron depositados en la mufla siguiendo la vía de inserción marcada por las guías metálicas, hasta que ca-

da sección cortada coincidiera con las marcas previamente hechas en cada cara del diente.

Una vez que los cortes transversales fueron colocados en su posición, se prensaron y posteriormente se procedió a realizar las maniobras de limpieza y ensanchado, de acuerdo a la técnica correspondiente a cada instrumento.

III.III. INSTRUMENTACIÓN DE LOS CONDUCTOS RADICULARES

III.III.I. Fuerzas Balanceadas

Los 35 dientes de este primer grupo fueron limpiados y ensanchados mediante técnica de Fuerzas Balanceadas^[14] realizada con limas Flex-R (Moyco-Union Broach Co. York, PA, USA). Las limas fueron reemplazadas por limas nuevas después de realizar 10 tratamientos de conductos.

Establecida la longitud de trabajo se utilizaron fresas Gates Glidden (Maillefer Instruments. Ballaigues, Switzerland) para ensanchar los tercios coronal y medio atendiendo a la siguiente rutina:

Tabla 2. Rutina de instrumentación con las fresas Gates Glidden.

Fresa	Profundidad
Gates Glidden #4	Hasta 8mm antes de longitud de trabajo
Gates Glidden #3	Hasta 6mm antes de longitud de trabajo
Gates Glidden #2	Hasta 5mm antes de longitud de trabajo
Gates Glidden #1	Hasta 5mm antes de longitud de trabajo

Las fresas fueron utilizadas a baja velocidad y tras cada uso se irrigó el conducto con 2 centímetros cúbicos de NaOCl al 1%.

La preparación biomecánica del conducto radicular se inició con una lima calibre 25 de 25 milímetros de longitud ejerciendo $\frac{1}{4}$ de vuelta a la derecha con presión apical, para que la lima cortase dentina de las paredes y avanzara hacia el interior del conducto tal y como lo sugiere la técnica; posteriormente $\frac{3}{4}$ de vuelta hacia la izquierda a longitud de trabajo y tracción hacia cervical para permitir que la lima desaloje el material de dentina cortada.

Con la lima #25 se trabajó hasta que ésta quedó holgada dentro del conducto radicular. Posterior a esta maniobra se irrigó el conducto con 2 centímetros cúbicos de NaOCl al 1%.

Esta maniobra fue repetida hasta una lima del número 50, utilizando como auxiliar de la instrumentación un agente quelante tipo REDTA (Roth International. Chicago, IL, USA) antes de cada instrumento. El REDTA fue colocado en la cavidad de acceso hasta inundar todo el espacio.

III.III.II. Sistema LightSpeed

Los especímenes del segundo grupo (n=35) fueron limpiados y ensanchados mediante el sistema LightSpeed^[24] (LightSpeed Technology, Inc. San Antonio Texas USA.). Los instrumentos fueron reemplazados tras 10 usos.

Se comenzó utilizando las fresas Gates Glidden calibre #4, #3, #2 y #1, a baja velocidad, siguiendo la misma rutina descrita en la Tabla 2. Después de cada fresa, empleada a baja velocidad, se usaron 2cc de NaOCl al 1% para irrigar el conducto. La secuencia de uso de los instrumentos LightSpeed fue la establecida por el fabricante.

La preparación del conducto radicular se iniciaba con el instrumento calibre 25 de 25 milímetros de longitud, colocado en la pieza eléctrica a una velocidad constante de 750 rpm y con una suave presión apical, hasta que éste quedaba holgado dentro del conducto radicular. Después de cada instrumentación se irrigó el conducto con 2 centímetros cúbicos de NaOCl al 1%.

Se prosiguió con la preparación biomecánica utilizando el instrumento #27, seguido de los instrumentos 30, 32.5, 35, 37.5, 40, 42.5, 45, 47.5 y #50, todos usados bajo las mismas condiciones anteriormente descritas.

Como agente auxiliar de la instrumentación se utilizó un agente quelante tipo REDTA antes de cada instrumento. El REDTA fue colocado en la cavidad de acceso hasta inundar todo el espacio.

III.III.III. Sistema ProTaper

Para instrumentar los dientes pertenecientes a este tercer grupo (n=35) se utilizó el sistema ProTaper^[57] (Maillefer Instruments. Ballaigues, Switzerland), cuyos instrumentos fueron reemplazados después de 10 usos.

Las fresas Gates Glidden calibre #4, #3, #2 y #1, montadas a baja velocidad, fueron empleadas en la instrumentación de los tercios coronal y medio siguiendo la pauta desarrollada en la Tabla 2. Los conductos radiculares fueron irrigados tras el uso de cada fresa con dos centímetros cúbicos de NaOCl al 1%. Los instrumentos ProTaper fueron utilizados siguiendo las instrucciones del fabricante.

La preparación biomecánica se inició con el instrumento SX, seguido del instrumento S1 (shape), calibre 10 de 25mm de longitud, colocado en el motor eléctrico a una velocidad constante de 300 rpm y con una suave presión apical, hasta que éste quedaba holgado dentro del conducto radi-

cular. Después de utilizar dicho instrumento se irrigó el conducto con 2 centímetros cúbicos de NaOCl al 1%.

La preparación del conducto se continuó con el instrumento S2 calibre #15 hasta la longitud de trabajo, a una velocidad constante de 350 rpm; seguido de los instrumentos F1 (finish) calibre #20 a longitud de trabajo y F2 calibre #25 hasta longitud de trabajo, siempre con irrigación posterior con dos centímetros cúbicos de NaOCl al 1%.

El agente quelante REDTA fue utilizado antes de pasar cada instrumento, colocándolo en la cavidad de acceso hasta inundar todo el espacio.

III.III.IV. Sistema Hero 642

El cuarto grupo de dientes (n=35) fue instrumentado con el sistema Hero 642^[56] (MicroMega. Besançon, France). Al igual que en los otros grupos, los instrumentos fueron reemplazados después de cada 10 tratamientos.

En los tercios coronal y medio se emplearon fresas Gates Glidden calibre #4, #3, #2 y #1, montadas a baja velocidad, siguiendo la pauta de trabajo anteriormente descrita (Tabla 2). Después de cada fresa se irrigó el conducto con 2 centímetros cúbicos de NaOCl al 1%.

La preparación de los conductos con el sistema Hero 642 se realizó siguiendo las instrucciones del fabricante. Los instrumentos Hero 642 fueron empleados con un motor eléctrico de baja velocidad y a 350 rpm de la siguiente manera:

- Instrumento Hero 642 taper 06% calibre 20 a 5mm antes de la longitud de trabajo.

- Instrumento Hero 642 taper 04% calibre 20 a 2 mm antes de la longitud de trabajo.
- Instrumento Hero 642 taper 02% calibre 20 a longitud de trabajo.
- Instrumento Hero 642 taper 04% calibre 25 a 2 mm antes de la longitud de trabajo.
- Instrumento Hero 642 taper 02% calibre 30 a longitud de trabajo.
- Instrumento Hero 642 taper 02% calibre 35 a longitud de trabajo.
- Instrumento Hero 642 taper 02% calibre 40 a longitud de trabajo.
- Instrumento Hero 642 taper 02% calibre 45 a longitud de trabajo.

Todos los instrumentos fueron empleados ejerciendo ligera presión apical y reemplazados por su inmediato superior cuando se notaban holgados dentro del conducto radicular. Antes de cada instrumento se utilizó el quelante REDTA y tras cada cambio se volvió a irrigar el conducto con 2 centímetros cúbicos de NaOCl al 1%.

III.IV. EVALUACIÓN DE LOS ESPECÍMENES

Tras la instrumentación, los cubos de acrílico que contenían los especímenes fueron desensamblados al ser retirados de la mufla. Los cortes transversales resultantes fueron preparados para ser vistos y analizados mediante microscopio estereoscópico y microscopio electrónico de barrido.

Cada corte coronal, medio y apical ya instrumentado fue nuevamente analizado y su imagen fue capturada para poder contrastarla con la imagen inicial del corte. Todas las imágenes fueron medidas y almacenadas con el software de tratamiento de imágenes de la compañía SHICK (Schick Technologies Inc. NY, USA).

Una vez vistos mediante el microscopio óptico, los cortes fueron limpiados con acetona, deshidratados y metalizados para ser observados con un microscopio electrónico de barrido Jeol 5400 a 500 y 1000 aumentos.

Con los datos postoperatorios de cada sección se valoraron los siguientes parámetros:

a) Centrado de la instrumentación de los conductos. Para valorar el centrado, las semejanzas y diferencias con la forma original, se superpusieron las imágenes postoperatorias de las secciones sobre las imágenes sin instrumentar de los conductos, estableciendo el área de contacto en cinco categorías:

- **Irregular.** Apenas hay semejanzas entre imágenes.
- **25%.** Un 25% del área de contacto de las imágenes coincide.
- **50%.** Un 50% del área de contacto de las imágenes coincide.
- **75%.** Un 75% del área de contacto de las imágenes coincide.
- **Semejante.** Los conductos son prácticamente iguales.

b) Limpieza de los conductos. La limpieza se evaluó atendiendo a la escala propuesta por la Asociación Americana de Endodoncia^[60]:

- 1) Sin limalla dentinaria en el interior del conducto.
- 2) Pequeña cantidad de limalla dentinaria en el interior del conducto.
- 3) Una capa mínima y homogénea de limalla dentinaria.
- 4) Masa densa de limalla dentinaria cubriendo más del 50% del interior del conducto.
- 5) Masa densa de limalla dentinaria cubriendo completamente el interior del conducto.

III.V. ANÁLISIS DE LOS DATOS

Los datos obtenidos fueron introducidos en el programa SPSS/PC+, versión 12.0 para su posterior análisis. Los métodos estadísticos utilizados han sido los siguientes:

Descriptivos

- Distribución absoluta y porcentual (variables categóricas).

Analíticos

- Test de Mann-Whitney para comparar 2 distribuciones ordinales de muestras independientes.
- Test de Kruskal-Wallis para comparar n distribuciones ordinales de muestras independientes.
- Test de Wilcoxon para comparar 2 distribuciones ordinales de muestras apareadas.
- Test de Friedman para comparar n distribuciones ordinales de muestras apareadas.
- Test Chi-cuadrado para comparar n proporciones de muestras independientes.
- Prueba exacta de Fisher o Chi-cuadrado corregido de Yates, en caso de tablas 2x2 para comparar de 2 proporciones de muestras independientes.

IV. RESULTADOS

Los resultados se van a desarrollar atendiendo a los siguientes puntos:

1. Forma de los conductos.
2. Centrado de los conductos.
3. Limpieza de los conductos.

IV.1. FORMA DE LOS CONDUCTOS

En las Tablas 3 y 4 se presentan los resultados de forma del conducto de los grupos Fuerzas Balanceadas y LightSpeed, distribuidos por grado de curvatura.

En el grupo Fuerzas Balanceadas (Tabla 3), los conductos pertenecientes al grupo de «20° o menos» de curvatura tienen forma redonda (100%) en los tres tercios de estudio. En el grupo «21° a 30°», la proporción de conductos redondos y ovales es muy semejante en los tres tercios; mientras que en el grupo «31° a 40°», en los tercios medios y coronal, el 100% de los conductos son redondeados. Al realizar la comparación entre grupos (grado de curvatura), se observan diferencias significativas en la proporción de conductos redondeados y ovales que existen en el tercio medio y coronal de los grupos de «21° a 30°» y «31° a 40°» ($p=0,038$).

En el grupo en el que se ha utilizado el sistema LightSpeed (Tabla 4), la proporción de conductos redondos es mayor en los tres grupos de curvatura, en los tres tercios del canal. En el grupo «21° a 30°» se puede observar que existen conductos ovales en los tres tercios. En la comparación entre grados de curvatura no se encuentran diferencias estadísticamente en ningún tercio.

Tabla 3. Distribución de la forma de los conductos según grado de curvatura en el grupo Fuerzas Balanceadas. Comparación.

Grupo FUERZAS BALANCEADAS		GRADO DE CURVATURA		
		≤20	21-30	31-40
FORMA DEL CONDUCTO EN TERCIO APICAL n (%)				
1	Redondo	4 (100,0)	9 (45,0)	4 (36,4)
2	Oval	0	11 (55,0)	6 (54,5)
3	Irregular	0	0	1 (9,1)
Comparación [≤20] vs [21-30]		χ^2_c (1 gl) = 4,062, p = 0,098		
Comparación [≤20] vs [31-40]		χ^2 (2 gl) = 4,773, p = 0,092		
Comparación [21-30] vs [31-40]		χ^2 (2 gl) = 1,945, p = 0,378		
Comparación global		χ^2 (4 gl) = 6,944, p = 0,139		
FORMA DEL CONDUCTO EN TERCIO MEDIO n (%)				
1	Redondo	4 (100,0)	13 (65,0)	11 (100,0)
2	Oval	0	7 (35,0)	0
3	Irregular	0	0	0
Comparación [≤20] vs [21-30]		χ^2_c (1 gl) = 1,976, p = 0,283		
Comparación [≤20] vs [31-40]		No se calcula		
Comparación [21-30] vs [31-40]		χ^2_c (1 gl) = 4,973, p = 0,033		
Comparación global		χ^2 (2 gl) = 6,563, p = 0,038		
FORMA DEL CONDUCTO EN TERCIO CORONAL n (%)				
1	Redondo	4 (100,0)	13 (65,0)	11 (100,0)
2	Oval	0	7 (35,0)	0
3	Irregular	0	0	0
Comparación [≤20] vs [21-30]		χ^2_c (1 gl) = 1,976, p = 0,283		
Comparación [≤20] vs [31-40]		No se calcula		
Comparación [21-30] vs [31-40]		χ^2_c (1 gl) = 4,973, p = 0,033		
Comparación global		χ^2 (2 gl) = 6,563, p = 0,038		

n: tamaño muestral. gl: grados de libertad.

χ^2 : Chi-cuadrado [comparación de n proporciones de muestras independientes].

χ^2_c : Prueba exacta de Fisher o Chi-cuadrado corregido de Yates, en caso de tablas 2x2 [comparación de 2 proporciones de muestras independientes].

Tabla 4. Distribución de la forma de los conductos según grado de curvatura en el grupo LightSpeed. Comparación.

Grupo LIGHTSPEED		GRADO DE CURVATURA		
		≤20	21-30	31-40
FORMA DEL CONDUCTO EN TERCIO APICAL n (%)				
1	Redondo	3 (100,0)	13 (61,9)	9 (81,8)
2	Oval	0	8 (38,1)	1 (9,1)
3	Irregular	0	0	1 (9,1)
Comparación [≤20] vs [21-30]		χ^2_c (1 gl) = 1,714, p = 0,526		
Comparación [≤20] vs [31-40]		χ^2 (2 gl) = 0,636, p = 0,727		
Comparación [21-30] vs [31-40]		χ^2 (2 gl) = 4,485, p = 0,106		
Comparación global		χ^2 (4 gl) = 6,163, p = 0,187		
FORMA DEL CONDUCTO EN TERCIO MEDIO n (%)				
1	Redondo	3 (100,0)	13 (61,9)	10 (90,9)
2	Oval	0	8 (38,1)	1 (9,1)
3	Irregular	0	0	0
Comparación [≤20] vs [21-30]		χ^2_c (1 gl) = 1,714, p = 0,526		
Comparación [≤20] vs [31-40]		χ^2_c (1 gl) = 0,294, p = 1,000		
Comparación [21-30] vs [31-40]		χ^2_c (1 gl) = 3,004, p = 0,115		
Comparación global		χ^2 (2 gl) = 4,315, p = 0,116		
FORMA DEL CONDUCTO EN TERCIO CORONAL n (%)				
1	Redondo	3 (100,0)	13 (61,9)	10 (90,9)
2	Oval	0	8 (38,1)	1 (9,1)
3	Irregular	0	0	0
Comparación [≤20] vs [21-30]		χ^2_c (1 gl) = 1,714, p = 0,526		
Comparación [≤20] vs [31-40]		χ^2_c (1 gl) = 0,294, p = 1,000		
Comparación [21-30] vs [31-40]		χ^2_c (1 gl) = 3,004, p = 0,115		
Comparación global		χ^2 (2 gl) = 4,315, p = 0,116		

n: tamaño muestral. gl: grados de libertad.

χ^2 : Chi-cuadrado [comparación de n proporciones de muestras independientes].

χ^2_c : Prueba exacta de Fisher o Chi-cuadrado corregido de Yates, en caso de tablas 2x2 [comparación de 2 proporciones de muestras independientes].

En el grupo ProTaper (Tabla 5) no se han utilizado conductos con grado de curvatura de «21° o menos». La proporción de conductos redondos y ova-les en los tercios medio y coronal es muy semejante en los grupos «21° a 30°» (81% y 19% frente a 78,6% y 21,4%; respectivamente) y «31° a 40°» (81% y 19% frente a 78,6% y 21,4%), no existiendo diferencias entre ellos ($p=1,000$). En el tercio apical, tampoco existen diferencias significativas en la proporción de conductos redondeados, ova-les e irregulares entre grupos de curvatura ($p=0,540$).

Tabla 5. Distribución de la forma de los conductos según grado de curvatura en el grupo Pro-Taper. Comparación.

Grupo PROTAPER		GRADO DE CURVATURA		
		≤20	21-30	31-40
FORMA DEL CONDUCTO EN TERCIO APICAL n (%)				
1	Redondo		11 (52,4)	5 (35,7)
2	Oval		8 (38,1)	8 (57,1)
3	Irregular		2 (9,5)	1 (7,1)
Comparación [21-30] vs [31-40]		χ^2 (2 gl) = 1,233, p = 0,540		
FORMA DEL CONDUCTO EN TERCIO MEDIO n (%)				
1	Redondo		17 (81,0)	11 (78,6)
2	Oval		4 (19,0)	3 (21,4)
3	Irregular		0	0
Comparación [21-30] vs [31-40]		χ^2_c (1 gl) = 0,030, p = 1,000		
FORMA DEL CONDUCTO EN TERCIO CORONAL n (%)				
1	Redondo		17 (81,0)	11 (78,6)
2	Oval		4 (19,0)	3 (21,4)
3	Irregular		0	0
Comparación [21-30] vs [31-40]		χ^2_c (1 gl) = 0,030, p = 1,000		

n: tamaño muestral. gl: grados de libertad.

χ^2 : Chi-cuadrado [comparación de n proporciones de muestras independientes].

χ^2_c : Prueba exacta de Fisher o Chi-cuadrado corregido de Yates, en caso de tablas 2x2 [comparación de 2 proporciones de muestras independientes].

En el grupo Hero 642 (Tabla 6) tampoco se han incluido conductos con grado de curvatura de «21° o menos». El grupo «31° a 40°», el 100% de los conductos (n=11) presenta forma redondeada en los tres tercios. En el grupo «21° a 30°», la proporción de canales redondos y ovals es muy similar en los tres tercios: 79,2%, 81% y 81% de conductos redondos en tercio apical, medio y coronal respectivamente. La comparación entre grupos de curvatura no muestra diferencias significativas en ninguno de los tres tercios.

Tabla 6. Distribución de la forma de los conductos según grado de curvatura en el grupo Hero 642. Comparación.

Grupo HERO 642		GRADO DE CURVATURA		
		≤20	21-30	31-40
FORMA DEL CONDUCTO EN TERCIO APICAL n (%)				
1	Redondo		19 (79,2)	11 (100,0)
2	Oval		5 (20,8)	0
3	Irregular		0	0
Comparación [21-30] vs [31-40]			χ^2 (2 gl) = 2,674, p = 0,157	
FORMA DEL CONDUCTO EN TERCIO MEDIO n (%)				
1	Redondo		23 (81,0)	11 (100,0)
2	Oval		1 (19,0)	0
3	Irregular		0	0
Comparación [21-30] vs [31-40]			χ^2_c (1 gl) = 0,472, p = 1,000	
FORMA DEL CONDUCTO EN TERCIO CORONAL n (%)				
1	Redondo		23 (81,0)	11 (100,0)
2	Oval		1 (19,0)	0
3	Irregular		0	0
Comparación [21-30] vs [31-40]			χ^2_c (1 gl) = 0,472, p = 1,000	

n: tamaño muestral. gl: grados de libertad.

χ^2 : Chi-cuadrado [comparación de n proporciones de muestras independientes].

χ^2_c : Prueba exacta de Fisher o Chi-cuadrado corregido de Yates, en caso de tablas 2x2 [comparación de 2 proporciones de muestras independientes].

IV.II. CENTRADO DE LOS CONDUCTOS

En la Tabla 7 se presentan los resultados sobre el centrado del conducto en el grupo Fuerzas Balanceadas.

En el grupo de «20° o menos» de curvatura, los conductos eran «semejantes» en su totalidad (100%) con la imagen preoperatoria, en el tercio coronal. En el tercio medio, el 100% de los conductos instrumentados coincidían con la imagen preoperatoria en un «75%»; y en el tercio apical: la mitad de los conductos coincidía en un «75%» y la otra mitad en «50%».

En el grupo «21° a 30°», las imágenes tras la instrumentación mostraban que el porcentaje de coincidencia con la imagen postoperatoria más frecuente era el «75%», tanto en el tercio apical (55,5%), como el medio (65%) y el coronal (50%).

Las imágenes postoperatorias del grupo «31° a 40°» mostraban un porcentaje de coincidencia «75%» en el 90,9% de los conductos en el tercio coronal y un 63,6% en el tercio medio; sin embargo en el tercio apical, el mayor porcentaje lo obtiene la categoría «50%» en un 63,6% de los conductos.

La comparación entre grados de curvatura muestra que en el tercio apical ($p=0,324$) y en el tercio medio ($p=0,442$) no existen diferencias estadísticamente significativas en el centrado de los conductos, pero en el tercio coronal se observan diferencias significativas ($p=0,009$) entre grupos: el grupo de «20° o menos» difiere del grupo de «21° a 30°» ($p=0,019$) y del grupo de «31° a 40°» ($p=0,001$).

Tabla 7. Centrado del conducto en el grupo Fuerzas Balanceadas según curvatura. Comparación.

Grupo FUERZAS BALANCEADAS		GRADO DE CURVATURA		
		≤20	21-30	31-40
COINCIDENCIA DE IMÁGENES EN EL TERCIO APICAL n (%)				
1	Irregular	0	0	1 (9,1)
2	25%	0	1 (5,0)	0
3	50%	2 (50,0)	8 (40,0)	7 (63,6)
4	75%	2 (50,0)	11 (55,5)	3 (27,3)
5	Semejante	0	0	0
Comparación [≤20] vs [21-30]		U = 39,000, p = 0,930		
Comparación [≤20] vs [31-40]		U = 16,000, p = 0,366		
Comparación [21-30] vs [31-40]		U = 78,500, p = 0,145		
Comparación global		H (χ^2, 2 gl) = 2,252, p = 0,324		
COINCIDENCIA DE IMÁGENES EN EL TERCIO MEDIO n (%)				
1	Irregular	0	0	0
2	25%	0	0	0
3	50%	0	6 (30,0)	4 (36,4)
4	75%	4 (100,0)	13 (65,0)	7 (63,6)
5	Semejante	0	1 (5,0)	0
Comparación [≤20] vs [21-30]		U = 30,000, p = 0,329		
Comparación [≤20] vs [31-40]		U = 14,000, p = 0,174		
Comparación [21-30] vs [31-40]		U = 99,500, p = 0,604		
Comparación global		H (χ^2, 2 gl) = 1,631, p = 0,442		

n: tamaño muestral. gl: grados de libertad.

H (χ^2): Test de Kruskal-Wallis [comparación de n distribuciones ordinales de muestras independientes].

U: Test de Mann-Whitney [comparación de 2 distribuciones ordinales de muestras independientes].

Tabla 7. Centrado del conducto en el grupo Fuerzas Balanceadas según curvatura. Comparación (continuación).

Grupo FUERZAS BALANCEADAS		GRADO DE CURVATURA		
		≤20	21-30	31-40
COINCIDENCIA DE IMÁGENES EN EL TERCIO CORONAL n (%)				
1	Irregular	0	0	0
2	25%	0	0	0
3	50%	0	4 (20,0)	1 (9,1)
4	75%	0	10 (50,0)	10 (90,9)
5	Semejante	4 (100,0)	6 (30,0)	0
Comparación [≤20] vs [21-30]		U = 12,000, p = 0,019		
Comparación [≤20] vs [31-40]		U = 0,0, p = 0,001		
Comparación [21-30] vs [31-40]		U = 92,000, p = 0,381		
Comparación global		H (χ^2 , 2 gl) = 9,374, p = 0,009		

n: tamaño muestral. gl: grados de libertad.

H (χ^2): Test de Kruskal-Wallis [comparación de n distribuciones ordinales de muestras independientes].

U: Test de Mann-Whitney [comparación de 2 distribuciones ordinales de muestras independientes].

Las comparaciones entre tercios según grado de curvatura (Tabla 8) muestran diferencias significativas en los tres grupos: «20° o menos» - $p=0,024$, «21° a 30°» - $p=0,001$ y «31° a 40°» - $p=0,005$.

Tabla 8. Comparación por tercios de los resultados de centrado del conducto en el grupo Fuerzas Balanceadas.

	Apical vs Medio vs Coronal-	Apical vs Medio	Apical vs Coronal	Medio vs Coronal
Curva ≤20°	χ^2 (2 gl) = 7,429 $p = 0,024$	Z = -1,414 $p = 0,157$	Z = -1,857 $p = 0,063$	Z = -2,000 $p = 0,046$
Curva 21°-30°	χ^2 (2 gl) = 14,000 $p = 0,001$	Z = -2,236 $p = 0,025$	Z = -3,000 $p = 0,003$	Z = -2,111 $p = 0,035$
Curva 31°-40°	χ^2 (2 gl) = 10,571 $p = 0,005$	Z = -1,890 $p = 0,059$	Z = -2,530 $p = 0,011$	Z = -1,732 $p = 0,083$

n: tamaño muestral. gl: grados de libertad.

χ^2 : Test de Friedman [comparación de n distribuciones ordinales de muestras apareadas].

Z: Test de Wilcoxon [comparación de 2 distribuciones ordinales de muestras apareadas].

En la Tabla 9 se presentan los resultados sobre el centrado del conducto en el grupo LightSpeed. En los tres tercios, el 100% de la imagen postoperatoria de los conductos de 20° o menos de curvatura eran «semejantes» a las preoperatorias. En el grupo «21° a 30°», el 85,7% de los conductos mostraban una imagen postoperatoria «semejante» y un 14,3% coincidía en un «75%», en los tres tercios de estudio.

En el grupo «31° a 40°», la categoría de centrado del conducto «semejante» alcanza un 72,7% en el tercio apical, un 81,8% en el tercio medio y un 81,8% en el coronal.

La comparación entre grados de curvatura muestra que tanto en el tercio apical ($p=0,474$), como en el tercio medio ($p=0,734$) y en el tercio coronal ($p=0,734$) no existen diferencias estadísticamente significativas en el centrado de los conductos.

Tabla 9. Centrado del conducto en el grupo LightSpeed según curvatura. Comparación.

Grupo LIGHTSPEED		GRADO DE CURVATURA		
		≤20	21-30	31-40
COINCIDENCIA DE IMÁGENES EN EL TERCIO APICAL n (%)				
1	Irregular	0	0	0
2	25%	0	0	0
3	50%	0	0	0
4	75%	0	3 (14,3)	3 (27,3)
5	Semejante	3 (100,0)	18 (85,7)	8 (72,7)
Comparación [≤20] vs [21-30]		U = 27,000, p = 0,493		
Comparación [≤20] vs [31-40]		U = 12,000, p = 0,325		
Comparación [21-30] vs [31-40]		U = 100,500, p = 0,379		
Comparación global		H (χ^2 , 2 gl) = 1,492, p = 0,474		

n: tamaño muestral. gl: grados de libertad.

H (χ^2): Test de Kruskal-Wallis [comparación de n distribuciones ordinales de muestras independientes].

U: Test de Mann-Whitney [comparación de 2 distribuciones ordinales de muestras independientes].

Tabla 9. Centrado del conducto en el grupo LightSpeed según curvatura. Comparación (continuación).

Grupo LIGHTSPEED		GRADO DE CURVATURA		
		≤20	21-30	31-40
COINCIDENCIA DE IMÁGENES EN EL TERCIO MEDIO n (%)				
1	Irregular	0	0	0
2	25%	0	0	0
3	50%	0	0	0
4	75%	0	3 (14,3)	2 (18,2)
5	Semejante	3 (100,0)	18 (85,7)	9 (81,8)
Comparación [≤20] vs [21-30]		U = 27,000, p = 0,493		
Comparación [≤20] vs [31-40]		U = 13,500, p = 0,442		
Comparación [21-30] vs [31-40]		U = 111,000, p = 0,876		
Comparación global		H (χ^2, 2 gl) = 0,618, p = 0,734		
COINCIDENCIA DE IMÁGENES EN EL TERCIO CORONAL n (%)				
1	Irregular	0	0	0
2	25%	0	0	0
3	50%	0	0	0
4	75%	0	3 (14,3)	2 (18,2)
5	Semejante	3 (100,0)	18 (85,7)	9 (81,8)
Comparación [≤20] vs [21-30]		U = 27,000, p = 0,493		
Comparación [≤20] vs [31-40]		U = 13,500, p = 0,442		
Comparación [21-30] vs [31-40]		U = 111,000, p = 0,876		
Comparación global		H (χ^2, 2 gl) = 0,618, p = 0,734		

n: tamaño muestral. gl: grados de libertad.

H (χ^2): Test de Kruskal-Wallis [comparación de n distribuciones ordinales de muestras independientes].

U: Test de Mann-Whitney [comparación de 2 distribuciones ordinales de muestras independientes].

Las comparaciones entre tercios atendiendo al grado de curvatura (Tabla 10) (en los grupos «20° o menos» y «21° a 30°» no se comparan pues los porcentajes son iguales) muestran que en el grupo «31° a 40°» no se encuentran diferencias significativas entre tercios ($p=0,368$).

Tabla 10. Comparación por tercios de los resultados de centrado del conducto en el grupo LightSpeed.

	Apical vs Medio vs Coronal-	Apical vs Medio	Apical vs Coronal	Medio vs Coronal
Curva $\leq 20^\circ$		No se calcula		
Curva $21^\circ-30^\circ$		No se calcula		
Curva $31^\circ-40^\circ$	χ^2 (2 gl) = 2,000 $p = 0,368$	Z = -1,000 $p = 0,317$	Z = -1,000 $p = 0,317$	Z = 0,0 $p = 1,000$

n: tamaño muestral. gl: grados de libertad.

χ^2 : Test de Friedman [comparación de n distribuciones ordinales de muestras apareadas].

Z: Test de Wilcoxon [comparación de 2 distribuciones ordinales de muestras apareadas].

La distribución porcentual de los resultados sobre centrado del conducto en el grupo ProTaper se muestra en la Tabla 11. En el grupo « 21° a 30° », tanto en el tercio apical (47,6%) como en el tercio medio (57,1%), la categoría de centrado del conducto más frecuente es «75%»; pero en el tercio coronal pasa a ser «semejante» con un 57,1%.

En el grupo « 31° a 40° », la coincidencia «75%» de las imágenes postoperatorias con las preoperatorias alcanza el mayor porcentaje, tanto en el tercio apical (57,1%), como en el tercio medio (71,4%) y en el tercio coronal (85,8%).

La comparación por grados de curvatura muestra diferencias significativas en los tres tercios del conducto: apical - $p=0,020$, medio - $p=0,001$ y coronal - $p=0,002$.

En las comparaciones entre tercios según el grado de curvatura (Tabla 12) se observan diferencias estadísticamente significativas tanto en el grupo « 21° a 30° » ($p=0,001$) como en el grupo « 31° a 40° » ($p=0,009$). En el grupo « 21° a 30° », la comparación tercio medio *versus* coronal se muestra no significativa ($p=0,083$); y en el grupo « 31° a 40° » es la comparación apical *versus* medio la que no muestra significación ($p=0,157$).

Tabla 11. Centrado del conducto en el grupo ProTaper según curvatura. Comparación.

Grupo PROTAPER		GRADO DE CURVATURA		
		≤20	21-30	31-40
COINCIDENCIA DE IMÁGENES EN EL TERCIO APICAL n (%)				
1	Irregular		0	0
2	25%		0	0
3	50%		4 (19,2)	6 (42,9)
4	75%		10 (47,6)	8 (57,1)
5	Semejante		7 (33,3)	0
		Comparación [21-30] vs [31-40]	U = 84,000, p = 0,020	
COINCIDENCIA DE IMÁGENES EN EL TERCIO MEDIO n (%)				
1	Irregular		0	0
2	25%		0	0
3	50%		0	4 (28,6)
4	75%		12 (57,1)	10 (71,4)
5	Semejante		9 (42,9)	0
		Comparación [21-30] vs [31-40]	U = 60,000, p = 0,001	
COINCIDENCIA DE IMÁGENES EN EL TERCIO CORONAL n (%)				
1	Irregular		0	0
2	25%		0	0
3	50%		0	1 (7,1)
4	75%		9 (42,9)	12 (85,8)
5	Semejante		12 (57,1)	1 (7,1)
		Comparación [21-30] vs [31-40]	U = 69,000, p = 0,002	

n: tamaño muestral. gl: grados de libertad.

H (χ^2): Test de Kruskal-Wallis [comparación de n distribuciones ordinales de muestras independientes].

U: Test de Mann-Whitney [comparación de 2 distribuciones ordinales de muestras independientes].

Tabla 12. Comparación por tercios de los resultados de centrado del conducto en el grupo ProTaper.

	Apical vs Medio vs Coronal-	Apical vs Medio	Apical vs Coronal	Medio vs Coronal
Curva $\leq 20^\circ$				
Curva $21^\circ-30^\circ$	χ^2 (2 gl) = 13,040 $p = 0,001$	Z = -2,449 $p = 0,014$	Z = -2,714 $p = 0,007$	Z = -1,732 $p = 0,083$
Curva $31^\circ-40^\circ$	χ^2 (2 gl) = 9,333 $p = 0,009$	Z = -1,414 $p = 0,157$	Z = -2,449 $p = 0,014$	Z = -2,000 $p = 0,046$

n: tamaño muestral. gl: grados de libertad.

χ^2 : Test de Friedman [comparación de n distribuciones ordinales de muestras apareadas].

Z: Test de Wilcoxon [comparación de 2 distribuciones ordinales de muestras apareadas].

Los resultados sobre centrado del conducto en el grupo Hero 642 se muestra en la Tabla 13. En el grupo « 21° a 30° », la categoría «75%» de coincidencia de las imágenes operatorias es la más frecuente tanto en el tercio apical (45,8%) como en el tercio medio (62,5%); pero en el tercio coronal, la categoría «semejante» pasa a ser la más frecuente con un 54,2%.

En el grupo « 31° a 40° », un 72,7% de los conductos, tanto en el tercio apical como en el medio alcanzan «75%» de coincidencia, mientras que en el tercio coronal, dicha categoría, aumenta hasta un 81,8%.

La comparación por grados de curvatura no muestra diferencias estadísticamente significativas en los tres tercios del conducto: apical - $p=0,200$, medio - $p=0,156$ y coronal - $p=0,080$.

En las comparaciones entre tercios según el grado de curvatura (Tabla 14) se obtienen diferencias estadísticamente significativas en el grupo « 21° a 30° » ($p=0,018$); siendo la comparación apical *versus* medio la única no significativa ($p=0,100$). En el grupo « 31° a 40° », la comparación global alcanza una significación de $p=0,050$; no siendo significativa ninguna de las comparaciones por parejas de tercios.

Tabla 13. Centrado del conducto en el grupo Hero 642 según curvatura. Comparación.

Grupo HERO 642		GRADO DE CURVATURA		
		≤20	21-30	31-40
COINCIDENCIA DE IMÁGENES EN EL TERCIO APICAL n (%)				
1	Irregular		0	0
2	25%		0	0
3	50%		4 (16,7)	2 (18,2)
4	75%		11 (45,8)	8 (72,7)
5	Semejante		9 (37,5)	1 (9,1)
Comparación [21-30] vs [31-40]			U = 99,500, p = 0,200	
COINCIDENCIA DE IMÁGENES EN EL TERCIO MEDIO n (%)				
1	Irregular		0	0
2	25%		0	0
3	50%		2 (8,3)	2 (18,2)
4	75%		15 (62,5)	8 (72,7)
5	Semejante		7 (29,2)	1 (9,1)
Comparación [21-30] vs [31-40]			U = 98,500, p = 0,156	
COINCIDENCIA DE IMÁGENES EN EL TERCIO CORONAL n (%)				
1	Irregular		0	0
2	25%		0	0
3	50%		1 (4,2)	0
4	75%		10 (41,7)	9 (81,8)
5	Semejante		13 (54,2)	2 (18,2)
Comparación [21-30] vs [31-40]			U = 89,000, p = 0,080	

n: tamaño muestral. gl: grados de libertad.

H (χ^2): Test de Kruskal-Wallis [comparación de n distribuciones ordinales de muestras independientes].

U: Test de Mann-Whitney [comparación de 2 distribuciones ordinales de muestras independientes].

Tabla 14. Comparación por tercios de los resultados de centrado del conducto en el grupo Hero 642.

	Apical vs Medio vs Coronal-	Apical vs Medio	Apical vs Coronal	Medio vs Coronal
Curva $\leq 20^\circ$				
Curva $21^\circ-30^\circ$	χ^2 (2 gl) = 8,000 $p = 0,018$	Z = 0,0 $p = 1,000$	Z = -2,333 $p = 0,020$	Z = -2,333 $p = 0,020$
Curva $31^\circ-40^\circ$	χ^2 (2 gl) = 6,000 $p = 0,050$	Z = 0,0 $p = 1,000$	Z = -1,732 $p = 0,083$	Z = -1,732 $p = 0,083$

n: tamaño muestral. gl: grados de libertad.

χ^2 : Test de Friedman [comparación de n distribuciones ordinales de muestras apareadas].

Z: Test de Wilcoxon [comparación de 2 distribuciones ordinales de muestras apareadas].

En la Tabla 15 se presentan las comparaciones entre los resultados de centrado del conducto obtenidos por los diferentes sistemas de instrumentación. En el grupo « 21° a 30° », al comparar los resultados del grupo Fuerzas Balanceadas frente a LightSpeed se encontraron diferencias significativas tanto en el tercio apical ($p=0,025$) como en el tercio medio ($p=0,014$); sin embargo, en el tercio coronal desaparecen estas diferencias ($p=1,000$).

En el grupo « 21° a 30° », la comparación global entre grupos muestra diferencias significativas en el tercio apical ($p<0,001$), en el tercio medio ($p<0,001$) y en el coronal ($p=0,002$). La comparación entre ProTaper y Hero 642 no muestra diferencias significativas en ninguno de los tres tercios del conducto: apical - $p=0,757$, medio - $p=0,219$ y coronal - $p=0,753$.

En el grupo « 31° a 40° », la comparación global entre grupos muestra diferencias significativas en los tres tercios ($p<0,001$). Al igual que en el grupo anterior, la comparación entre ProTaper y Hero 642 no muestra diferencias significativas en ninguno de los tres tercios del conducto: apical - $p=0,134$, medio - $p=0,364$ y coronal - $p=0,264$. Igualmente la comparación entre Fuerzas Balanceadas y ProTaper tampoco muestra diferencias significativas en los tres tercios: apical - $p=0,106$, medio - $p=0,685$ y coronal - $p=0,528$.

Tabla 15. Comparación entre sistemas de instrumentación de los resultados de centrado del conducto por tercios.

	Curva $\leq 20^\circ$	Curva $21^\circ-30^\circ$	Curva $31^\circ-40^\circ$
TERCIO APICAL			
Comparación global		H (χ^2 , 3 gl) = 32,877 $p < 0,001$	H (χ^2 , 3 gl) = 24,590 $p < 0,001$
FB vs Lightspeed	U = 0,0 $p = 0,025$	U = 16,5 $p < 0,001$	U = 4,5 $p < 0,001$
FB vs Protaper		U = 115,0 $p = 0,007$	U = 51,0 $p = 0,106$
FB vs Hero 642		U = 120,5 $p = 0,002$	U = 25,0 $p = 0,010$
LightSpeed vs Protaper		U = 99,0 $p < 0,001$	U = 12,0 $p < 0,001$
LightSpeed vs Hero 642		U = 124,5 $p = 0,001$	U = 19,0 $p = 0,002$
Protaper vs Hero 642		U = 239,5 $p = 0,757$	U = 54,0 $p = 0,134$
TERCIO MEDIO			
Comparación global		H (χ^2 , 3 gl) = 32,525 $p < 0,001$	H (χ^2 , 3 gl) = 23,119 $p < 0,001$
FB vs Lightspeed	U = 0,0 $p = 0,014$	U = 31,5 $p < 0,001$	U = 7,0 $p < 0,001$
FB vs Protaper		U = 94,5 $p = 0,001$	U = 71,0 $p = 0,685$
FB vs Hero 642		U = 150,0 $p = 0,013$	U = 46,0 $p = 0,243$
LightSpeed vs Protaper		U = 126,0 $p = 0,004$	U = 10,0 $p < 0,001$
LightSpeed vs Hero 642		U = 106,5 $p < 0,001$	U = 14,5 $p = 0,001$
Protaper vs Hero 642		U = 205,5 $p = 0,219$	U = 64,0 $p = 0,364$

gl: grados de libertad.

H (χ^2): Test de Kruskal-Wallis [comparación de n distribuciones ordinales de muestras independientes].

U: Test de Mann-Whitney [comparación de 2 distribuciones ordinales de muestras independientes].

Tabla 15. Comparación entre sistemas de instrumentación de los resultados de centrado del conducto por tercios (continuación).

TERCIO CORONAL			
Comparación global		H (χ^2, 3 gl) = 14,939 p = 0,002	H (χ^2, 3 gl) = 23,086 p < 0,001
FB vs Lighspeed	U = 6,0 p = 1,000	U = 87,0 p < 0,001	U = 10,0 p < 0,001
FB vs Protaper		U = 135,0 p = 0,030	U = 70,5 p = 0,528
FB vs Hero 642		U = 157,0 p = 0,058	U = 45,0 p = 0,088
LightSpeed vs Protaper		U = 157,5 p = 1,043	U = 18,5 p < 0,001
LightSpeed vs Hero 642		U = 171,0 p = 0,022	U = 22,0 p = 0,004
Protaper vs Hero 642		U = 240,0 p = 0,753	U = 64,0 p = 0,264

gl: grados de libertad.

H (χ^2): Test de Kruskal-Wallis [comparación de n distribuciones ordinales de muestras independientes].

U: Test de Mann-Whitney [comparación de 2 distribuciones ordinales de muestras independientes].

IV.III. LIMPIEZA DE LOS CONDUCTOS

En la Tabla 16 se presentan los resultados de la limpieza del conducto en el grupo Fuerzas Balanceadas según grado de curvatura.

En el grupo de «20° o menos» de curvatura, el 100% de los conductos se muestran «sin limalla dentinaria...» en los tres tercios. En el grupo «21° a 30°», se encuentra un menor porcentaje de conductos «sin limalla dentinaria...» en el tercio apical, un 60%, que en el tercio medio o coronal (100%).

En el grupo «31° a 40°», vuelve a descender el porcentaje de conductos «sin limalla dentinaria...» en el tercio apical (72,7%), con respecto al tercio medio o coronal (100%).

La comparación entre grados de curvatura muestra que tanto en el tercio apical ($p=0,235$), como en el tercio medio ($p=1,000$) y en el tercio coronal ($p=1,000$) no existen diferencias estadísticamente significativas en la limpieza de los conductos obtenida con la instrumentación mediante fuerzas balanceadas.

Tabla 16. Resultados de la limpieza del conducto en el grupo Fuerzas Balanceadas según curvatura. Comparación.

Grupo FUERZAS BALANCEADAS		GRADO DE CURVATURA		
		≤20	21-30	31-40
LIMPIEZA EN TERCIO APICAL n (%)				
1	Sin limalla dentinaria en el interior del conducto	4 (100,0)	12 (60,0)	8 (72,7)
2	Pequeña cantidad de limalla dentinaria en el interior del conducto	0	4 (20,0)	3 (27,3)
3	Una capa mínima y homogénea de limalla dentinaria	0	4 (20,0)	0
4	Masa densa de limalla dentinaria cubriendo mas del 50% del interior del conducto	0	0	0
5	Masa densa de limalla dentinaria cubriendo completamente el interior del conducto	0	0	0
Comparación [≤20] vs [21-30]		U = 24,000, p = 0,137		
Comparación [≤20] vs [31-40]		U = 16,000, p = 0,259		
Comparación [21-30] vs [31-40]		U = 90,000, p = 0,330		
Comparación global		H (χ^2, 2 gl) = 2,900, p = 0,235		

n: tamaño muestral. gl: grados de libertad.

H (χ^2): Test de Kruskal-Wallis [comparación de n distribuciones ordinales de muestras independientes].

U: Test de Mann-Whitney [comparación de 2 distribuciones ordinales de muestras independientes].

Tabla 16. Resultados de la limpieza del conducto en el grupo Fuerzas Balanceadas según curvatura. Comparación (continuación).

Grupo FUERZAS BALANCEADAS		GRADO DE CURVATURA		
		≤20	21-30	31-40
LIMPIEZA EN TERCIO MEDIO n (%)				
1	Sin limalla dentinaria en el interior del conducto	4 (100,0)	20 (100,0)	11 (100,0)
2	Pequeña cantidad de limalla dentinaria en el interior del conducto	0	0	0
3	Una capa mínima y homogénea de limalla dentinaria	0	0	0
4	Masa densa de limalla dentinaria cubriendo mas del 50% del interior del conducto	0	0	0
5	Masa densa de limalla dentinaria cubriendo completamente el interior del conducto	0	0	0
Comparación [≤20] vs [21-30]		U = 40,000, p = 1,000		
Comparación [≤20] vs [31-40]		U = 22,000, p = 1,000		
Comparación [21-30] vs [31-40]		U = 110,000, p = 1,000		
Comparación global		H (χ^2, 2 gl) = 0,0, p = 1,000		
LIMPIEZA EN TERCIO CORONAL n (%)				
1	Sin limalla dentinaria en el interior del conducto	4 (100,0)	20 (100,0)	11 (100,0)
2	Pequeña cantidad de limalla dentinaria en el interior del conducto	0	0	0
3	Una capa mínima y homogénea de limalla dentinaria	0	0	0
4	Masa densa de limalla dentinaria cubriendo mas del 50% del interior del conducto	0	0	0
5	Masa densa de limalla dentinaria cubriendo completamente el interior del conducto	0	0	0
Comparación [≤20] vs [21-30]		U = 40,000, p = 1,000		
Comparación [≤20] vs [31-40]		U = 22,000, p = 1,000		
Comparación [21-30] vs [31-40]		U = 110,000, p = 1,000		
Comparación global		H (χ^2, 2 gl) = 0,0, p = 1,000		

n: tamaño muestral. gl: grados de libertad.

H (χ^2): Test de Kruskal-Wallis [comparación de n distribuciones ordinales de muestras independientes].

U: Test de Mann-Whitney [comparación de 2 distribuciones ordinales de muestras independientes].

Las comparaciones entre tercios según grado de curvatura (en el grupo «20° o menos» no se compara la limpieza pues la distribución porcentual es igual) (Tabla 17) muestran diferencias estadísticamente significativas en el grupo «21° a 30°» ($p < 0,001$); siendo la comparación tercio medio *versus* tercio coronal la única no significativa ($p = 0,100$). En el grupo «31° a 40°», la comparación global se alcanza una significación de $p = 0,050$; no siendo significativa ninguna de las comparaciones por parejas de tercios.

Tabla 17. Comparación por tercios de los resultados de limpieza del conducto en el grupo Fuerzas Balanceadas.

	Apical vs Medio vs Coronal-	Apical vs Medio	Apical vs Coronal	Medio vs Coronal
Curva $\leq 20^\circ$	No se calcula			
Curva 21°-30°	χ^2 (2 gl) = 16,000 $p < 0,001$	Z = -2,585 $p = 0,010$	Z = -2,585 $p = 0,010$	Z = 0,0 $p = 1,000$
Curva 31°-40°	χ^2 (2 gl) = 6,000 $p = 0,050$	Z = -1,732 $p = 0,083$	Z = -1,732 $p = 0,083$	Z = 0,0 $p = 1,000$

n: tamaño muestral. gl: grados de libertad.

χ^2 : Test de Friedman [comparación de n distribuciones ordinales de muestras apareadas].

Z: Test de Wilcoxon [comparación de 2 distribuciones ordinales de muestras apareadas].

En la Tabla 18 se presentan los resultados de la limpieza del conducto en el grupo LightSpeed según grado de curvatura.

En el grupo de «20° o menos» de curvatura, la totalidad de los conductos se muestran «sin limalla dentinaria...» en los tres tercios. En el grupo «21° a 30°», desciende hasta un 95,2 el porcentaje de conductos «sin limalla dentinaria...» en el tercio apical, manteniéndose el 100% en el tercio medio y coronal. En el grupo «31° a 40°», el porcentaje de conductos «sin limalla dentinaria...» se sitúa en un 90,9% en el tercio apical y continúa en un 100% en el tercio medio y coronal.

La comparación entre grados de curvatura muestra que tanto en el tercio apical ($p = 0,804$), como en el tercio medio y el coronal ($p = 1,000$) no existen diferencias significativas.

Tabla 18. Resultados de la limpieza del conducto en el grupo LightSpeed según curvatura. Comparación.

Grupo LIGHTSPEED		GRADO DE CURVATURA		
		≤20	21-30	31-40
LIMPIEZA EN TERCIO APICAL n (%)				
1	Sin limalla dentinaria en el interior del conducto	3 (100,0)	20 (95,2)	10 (90,9)
2	Pequeña cantidad de limalla dentinaria en el interior del conducto	0	1 (4,8)	1 (9,1)
3	Una capa mínima y homogénea de limalla dentinaria	0	0	0
4	Masa densa de limalla dentinaria cubriendo mas del 50% del interior del conducto	0	0	0
5	Masa densa de limalla dentinaria cubriendo completamente el interior del conducto	0	0	0
Comparación [≤20] vs [21-30]		U = 31,500, p = 1,000		
Comparación [≤20] vs [31-40]		U = 16,500, p = 1,000		
Comparación [21-30] vs [31-40]		U = 115,500, p = 1,000		
Comparación global		H (χ^2, 2 gl) = 0,437, p = 0,804		
LIMPIEZA EN TERCIO MEDIO n (%)				
1	Sin limalla dentinaria en el interior del conducto	3 (100,0)	21 (100,0)	11 (100,0)
2	Pequeña cantidad de limalla dentinaria en el interior del conducto	0	0	0
3	Una capa mínima y homogénea de limalla dentinaria	0	0	0
4	Masa densa de limalla dentinaria cubriendo mas del 50% del interior del conducto	0	0	0
5	Masa densa de limalla dentinaria cubriendo completamente el interior del conducto	0	0	0
Comparación [≤20] vs [21-30]		U = 31,500, p = 1,000		
Comparación [≤20] vs [31-40]		U = 16,500, p = 1,000		
Comparación [21-30] vs [31-40]		U = 115,500, p = 1,000		
Comparación global		H (χ^2, 2 gl) = 0,0, p = 1,000		

n: tamaño muestral. gl: grados de libertad.

H (χ^2): Test de Kruskal-Wallis [comparación de n distribuciones ordinales de muestras independientes].

U: Test de Mann-Whitney [comparación de 2 distribuciones ordinales de muestras independientes].

Tabla 18. Resultados de la limpieza del conducto en el grupo LightSpeed según curvatura. Comparación (continuación).

Grupo LIGHTSPEED		GRADO DE CURVATURA		
		≤20	21-30	31-40
LIMPIEZA EN TERCIO CORONAL n (%)				
1	Sin limalla dentinaria en el interior del conducto	3 (100,0)	21 (100,0)	11 (100,0)
2	Pequeña cantidad de limalla dentinaria en el interior del conducto	0	0	0
3	Una capa mínima y homogénea de limalla dentinaria	0	0	0
4	Masa densa de limalla dentinaria cubriendo mas del 50% del interior del conducto	0	0	0
5	Masa densa de limalla dentinaria cubriendo completamente el interior del conducto	0	0	0
Comparación [≤20] vs [21-30]		U = 30,000, p = 0,705		
Comparación [≤20] vs [31-40]		U = 15,000, p = 0,602		
Comparación [21-30] vs [31-40]		U = 110,500, p = 0,636		
Comparación global		H (χ^2, 2 gl) = 0,0, p = 1,000		

n: tamaño muestral. gl: grados de libertad.

H (χ^2): Test de Kruskal-Wallis [comparación de n distribuciones ordinales de muestras independientes].

U: Test de Mann-Whitney [comparación de 2 distribuciones ordinales de muestras independientes].

Las comparaciones entre tercios según grado de curvatura (en el grupo «20° o menos» no se compara los porcentajes obtenidos pues son iguales en los tres tercios) (Tabla 19) no muestran diferencias estadísticamente significativas ni en el grupo de «21° a 30°», ni en el de «31° a 40°» ($p=0,368$) en la limpieza en los tres tercios del conducto.

Tabla 19. Comparación por tercios de los resultados de limpieza del conducto en el grupo LightSpeed.

	Apical vs Medio vs Coronal-	Apical vs Medio	Apical vs Coronal	Medio vs Coronal
Curva $\leq 20^\circ$	No se calcula			
Curva $21^\circ-30^\circ$	χ^2 (2 gl) = 2,000 $p = 0,368$	Z = -1,000 $p = 0,317$	Z = -1,000 $p = 0,317$	Z = 0,0 $p = 1,000$
Curva $31^\circ-40^\circ$	χ^2 (2 gl) = 2,000 $p = 0,368$	Z = -1,000 $p = 0,317$	Z = -1,000 $p = 0,317$	Z = 0,0 $p = 1,000$

n: tamaño muestral. gl: grados de libertad.

χ^2 : Test de Friedman [comparación de n distribuciones ordinales de muestras apareadas].

Z: Test de Wilcoxon [comparación de 2 distribuciones ordinales de muestras apareadas].

En la Tabla 20 se presentan los resultados de la limpieza del conducto en el grupo ProTaper según grado de curvatura.

En el grupo « 21° a 30° », el 90,5% de los conductos aparecen «sin limalla dentinaria...» en el tercio apical, elevándose hasta el 100% en el tercio medio y coronal. En el grupo « 31° a 40° », el porcentaje de conductos «sin limalla dentinaria...» desciende hasta un 50,0% en el tercio apical y continúa en un 100% en el tercio medio y coronal.

La comparación entre grados de curvatura muestra que en el tercio apical existe diferencias significativas ($p=0,804$), mientras que en el tercio medio y el coronal no existen diferencias estadísticamente significativas ($p=1,000$).

Las comparaciones entre tercios según grado de curvatura (Tabla 21) no muestran diferencias estadísticamente significativas en la limpieza de los tres tercios en el grupo « 21° a 30° » ($p=0,135$), y sí en el grupo « 31° a 40° » ($p=0,001$). En este último, la comparación tercio medio *versus* coronal no alcanza la significación estadística ($p=1,000$).

Tabla 20. Resultados de la limpieza del conducto en el grupo ProTaper según curvatura. Comparación.

Grupo PROTAPER		GRADO DE CURVATURA		
		≤20	21-30	31-40
LIMPIEZA EN TERCIO APICAL n (%)				
1	Sin limalla dentinaria en el interior del conducto		19 (90,5)	7 (50,0)
2	Pequeña cantidad de limalla dentinaria en el interior del conducto		1 (4,8)	4 (28,6)
3	Una capa mínima y homogénea de limalla dentinaria		1 (4,8)	2 (14,3)
4	Masa densa de limalla dentinaria cubriendo mas del 50% del interior del conducto		0	1 (7,1)
5	Masa densa de limalla dentinaria cubriendo completamente el interior del conducto		0	0
Comparación [21-30] vs [31-40]			U = 87,500, p = 0,009	
LIMPIEZA EN TERCIO MEDIO n (%)				
1	Sin limalla dentinaria en el interior del conducto		21 (100,0)	14 (100,0)
2	Pequeña cantidad de limalla dentinaria en el interior del conducto		0	0
3	Una capa mínima y homogénea de limalla dentinaria		0	0
4	Masa densa de limalla dentinaria cubriendo mas del 50% del interior del conducto		0	0
5	Masa densa de limalla dentinaria cubriendo completamente el interior del conducto		0	0
Comparación [21-30] vs [31-40]			U = 147,0, p = 1,000	
LIMPIEZA EN TERCIO CORONAL n (%)				
1	Sin limalla dentinaria en el interior del conducto		21 (100,0)	14 (100,0)
2	Pequeña cantidad de limalla dentinaria en el interior del conducto		0	0
3	Una capa mínima y homogénea de limalla dentinaria		0	0
4	Masa densa de limalla dentinaria cubriendo mas del 50% del interior del conducto		0	0
5	Masa densa de limalla dentinaria cubriendo completamente el interior del conducto		0	0
Comparación [21-30] vs [31-40]			U = 147,0, p = 1,000	

n: tamaño muestral.

U: Test de Mann-Whitney [comparación de 2 distribuciones ordinales de muestras independientes].

Tabla 21. Comparación por tercios de los resultados de limpieza del conducto en el grupo ProTaper.

	Apical vs Medio vs Coronal-	Apical vs Medio	Apical vs Coronal	Medio vs Coronal
Curva $\leq 20^\circ$				
Curva $21^\circ-30^\circ$	χ^2 (2 gl) = 4,000 $p = 0,135$	Z = -1,342 $p = 0,180$	Z = -1,342 $p = 0,180$	Z = 0,0 $p = 1,000$
Curva $31^\circ-40^\circ$	χ^2 (2 gl) = 14,000 $p = 0,001$	Z = -2,414 $p = 0,016$	Z = -2,414 $p = 0,016$	Z = 0,0 $p = 1,000$

n: tamaño muestral. gl: grados de libertad.

χ^2 : Test de Friedman [comparación de n distribuciones ordinales de muestras apareadas].

Z: Test de Wilcoxon [comparación de 2 distribuciones ordinales de muestras apareadas].

En la Tabla 22 se muestran los resultados de la limpieza del conducto en el grupo Hero 642 según grado de curvatura.

En el grupo « 21° a 30° », un 87,5% de los conductos se muestran «sin limalla dentinaria...» en el tercio apical, siendo este porcentaje del 100% en el tercio medio y coronal. En el grupo « 31° a 40° », el porcentaje de conductos «sin limalla dentinaria...» alcanza el 72,7% en el tercio apical y continúa en un 100% en el tercio medio y coronal.

La comparación entre grados de curvatura muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas en el tercio apical ($p=0,329$), ni en el tercio medio o el tercio coronal ($p=1,000$).

Al comparar entre tercios la limpieza del conducto según grado de curvatura (Tabla 23) no se alcanzan la significación estadística ni en el grupo « 21° a 30° » ($p=0,050$), ni en el grupo « 31° a 40° » ($p=0,050$).

Tabla 22. Resultados de la limpieza del conducto en el grupo Hero 642 según curvatura. Comparación.

Grupo HERO 642		GRADO DE CURVATURA		
		≤20	21-30	31-40
LIMPIEZA EN TERCIO APICAL n (%)				
1	Sin limalla dentinaria en el interior del conducto		21 (87,5)	8 (72,7)
2	Pequeña cantidad de limalla dentinaria en el interior del conducto		2 (8,3)	3 (27,3)
3	Una capa mínima y homogénea de limalla dentinaria		1 (4,2)	0
4	Masa densa de limalla dentinaria cubriendo mas del 50% del interior del conducto		0	0
5	Masa densa de limalla dentinaria cubriendo completamente el interior del conducto		0	0
Comparación [21-30] vs [31-40]			U = 114,0, p = 0,329	
LIMPIEZA EN TERCIO MEDIO n (%)				
1	Sin limalla dentinaria en el interior del conducto		24 (100,0)	11 (100,0)
2	Pequeña cantidad de limalla dentinaria en el interior del conducto		0	0
3	Una capa mínima y homogénea de limalla dentinaria		0	0
4	Masa densa de limalla dentinaria cubriendo mas del 50% del interior del conducto		0	0
5	Masa densa de limalla dentinaria cubriendo completamente el interior del conducto		0	0
Comparación [21-30] vs [31-40]			U = 132,0, p = 1,000	
LIMPIEZA EN TERCIO CORONAL n (%)				
1	Sin limalla dentinaria en el interior del conducto		24 (100,0)	11 (100,0)
2	Pequeña cantidad de limalla dentinaria en el interior del conducto		0	0
3	Una capa mínima y homogénea de limalla dentinaria		0	0
4	Masa densa de limalla dentinaria cubriendo mas del 50% del interior del conducto		0	0
5	Masa densa de limalla dentinaria cubriendo completamente el interior del conducto		0	0
Comparación [21-30] vs [31-40]			U = 132,0, p = 1,000	

n: tamaño muestral.

U: Test de Mann-Whitney [comparación de 2 distribuciones ordinales de muestras independientes].

Tabla 23. Comparación por tercios de los resultados de limpieza del conducto en el grupo Hero 642.

	Apical vs Medio vs Coronal-	Apical vs Medio	Apical vs Coronal	Medio vs Coronal
Curva $\leq 20^\circ$				
Curva $21^\circ-30^\circ$	χ^2 (2 gl) = 6,000 $p = 0,050$	Z = -1,633 $p = 0,102$	Z = -1,633 $p = 0,102$	Z = 0,0 $p = 1,000$
Curva $31^\circ-40^\circ$	χ^2 (2 gl) = 6,000 $p = 0,050$	Z = -1,732 $p = 0,083$	Z = -1,732 $p = 0,083$	Z = 0,0 $p = 1,000$

n: tamaño muestral. gl: grados de libertad.

χ^2 : Test de Friedman [comparación de n distribuciones ordinales de muestras apareadas].

Z: Test de Wilcoxon [comparación de 2 distribuciones ordinales de muestras apareadas].

En la Tabla 24 se presentan las comparaciones entre sistemas de instrumentación de los resultados de limpieza del conducto en cada tercio. En el grupo « 20° o menos», al comparar los resultados del grupo Fuerzas Balanceadas frente a LightSpeed no se encontraron diferencias significativas ni en el tercio apical, ni en el tercio medio, ni en el coronal ($p=1,000$).

En el grupo « 21° a 30° », la comparación global entre grupos muestra diferencias significativas en el tercio apical ($p<0,009$), pero no alcanza la significación estadística en el tercio medio ($p<1,000$) y en el coronal ($p=1,000$). En el tercio apical, las comparaciones entre el grupo Fuerzas Balanceadas y los otros tres sistemas de instrumentación muestran significación estadística: *versus* LightSpeed - $p=0,006$, *versus* ProTaper - $p=0,026$ y *versus* Hero 642 - $p=0,034$.

En el grupo « 31° a 40° », la comparación global entre grupos no muestra diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los tres tercios: apical - $p=0,113$, medio - $p=1,000$ y coronal - $p=1,000$.

Tabla 24. Comparación entre sistemas de instrumentación de los resultados de limpieza del conducto en cada tercio.

	Curva $\leq 20^\circ$	Curva $21^\circ-30^\circ$	Curva $31^\circ-40^\circ$
TERCIO APICAL			
Comparación global		H (χ^2, 2 gl) = 11,481 $p = 0,009$	H (χ^2, 2 gl) = 5,977 $p = 0,113$
FB vs Lightspeed	U = 132,0 $p = 1,000$	U = 134,0 $p = 0,006$	U = 49,5 $p = 0,280$
FB vs Protaper		U = 146,0 $p = 0,026$	U = 55,0 $p = 0,168$
FB vs Hero 642		U = 172,0 $p = 0,034$	U = 60,5 $p = 1,000$
LightSpeed vs Protaper		U = 209,5 $p = 0,535$	U = 44,0 $p = 0,075$
LightSpeed vs Hero 642		U = 232,0 $p = 0,356$	U = 49,5 $p = 0,280$
Protaper vs Hero 642		U = 245,0 $p = 0,770$	U = 55,0 $p = 0,168$
TERCIO MEDIO			
Comparación global		H (χ^2, 2 gl) = 0,0 $p = 1,000$	H (χ^2, 2 gl) = 0,0 $p = 1,000$
FB vs Lightspeed	U = 132,0 $p = 1,000$	U = 210,0 $p = 1,000$	U = 60,5 $p = 1,000$
FB vs Protaper		U = 210,0 $p = 1,000$	U = 77,0 $p = 1,000$
FB vs Hero 642		U = 240,0 $p = 1,000$	U = 60,5 $p = 1,000$
LightSpeed vs Protaper		U = 220,5 $p = 1,000$	U = 77,0 $p = 1,000$
LightSpeed vs Hero 642		U = 252,0 $p = 1,000$	U = 60,5 $p = 1,000$
Protaper vs Hero 642		U = 252,0 $p = 1,000$	U = 77,0 $p = 1,000$

gl: grados de libertad.

H (χ^2): Test de Kruskal-Wallis [comparación de n distribuciones ordinales de muestras independientes].

U: Test de Mann-Whitney [comparación de 2 distribuciones ordinales de muestras independientes].

Tabla 24. Comparación entre sistemas de instrumentación de los resultados de limpieza del conducto en cada tercio (continuación).

TERCIO CORONAL			
Comparación global		H (χ^2, 2 gl) = 0,0 p = 1,000	H (χ^2, 2 gl) = 0,0 p = 1,000
FB vs Lighspeed	U = 132,0 p = 1,000	U = 210,0 p = 1,000	U = 60,5 p = 1,000
FB vs Protaper		U = 210,0 p = 1,000	U = 77,0 p = 1,000
FB vs Hero 642		U = 240,0 p = 1,000	U = 60,5 p = 1,000
LightSpeed vs Protaper		U = 220,5 p = 1,000	U = 77,0 p = 1,000
LightSpeed vs Hero 642		U = 252,0 p = 1,000	U = 60,5 p = 1,000
Protaper vs Hero 642		U = 252,0 p = 1,000	U = 77,0 p = 1,000

gl: grados de libertad.

H (χ^2): Test de Kruskal-Wallis [comparación de n distribuciones ordinales de muestras independientes].

U: Test de Mann-Whitney [comparación de 2 distribuciones ordinales de muestras independientes].

V. DISCUSIÓN

En la actualidad no existe un método clínico preciso para evaluar a través de una radiografía cuánto se limpia y se ensancha un conducto radicular. Por lo general, para corroborar las maniobras realizadas dentro del sistema de conductos se utilizan las radiografías; pero la radiografía nos muestra una imagen bidimensional de un objeto tridimensional, por lo que no es posible calcular de forma exacta esa otra dimensión que sólo se intuye.

Aún cuando existe la radiografía digital y la Radiovisiografía, éstas tienen sus limitaciones en cuanto al alcance y evaluación del éxito y silencio clínico en el paciente.

Es un hecho común que después de haber finalizado un tratamiento de conductos, el paciente pueda mostrar algún dolor aún cuando en la radiografía se observe una imagen del sistema de conductos obturado en condiciones óptimas.

Cuando el clínico decide limpiar y ensanchar un conducto radicular de forma manual, siempre existe una tendencia natural del operador a que el instrumento empleado en el conducto radicular sea dirigido y cargado hacia una de las caras de la raíz^[25].

Al ser utilizados los instrumentos rotatorios, esta tendencia a instrumentar una de las paredes del conducto se reduce considerablemente, hecho reportado por Senia^[25] y Machtou^[36].

Durante la instrumentación manual se aplica la fuerza y dirección de los instrumentos de forma bidigital, hecho que cambia radicalmente cuando el operador emplea un motor eléctrico para la limpieza y ensanchado del sistema de conductos radiculares. Para facilitar la entrada y salida del instru-

mento activado en la pieza eléctrica a una velocidad constante, el operador busca una presión y dirección constante^[61].

El corte de la dentina radicular depende entre otras cosas del tipo de instrumento que se utiliza, de las revoluciones por minuto del dispositivo utilizado y de la fuerza que el clínico ejerce para ejecutar la maniobra^[25,32]; situaciones que en el desarrollo de este trabajo trataron de ser uniformes.

La metodología empleada en este estudio es similar a la utilizada por Hülsmann y cols.^[62-65] en diferentes trabajos, en los que han utilizado cortes transversales de conductos radiculares para comparar las preparaciones biomecánicas realizadas con diferentes instrumentos.

Además se ha empleado una técnica similar a la de Southard y cols.^[48] para la toma de radiografías y fotografías, logrando así exposiciones con las mismas características.

Hülsmann y cols.^[64] emplearon cortes transversales para evaluar el diámetro logrado por dos técnicas de instrumentación automatizada del conducto radicular. A este respecto, nuestro estudio es similar al de Hülsmann y cols.^[65] y de Marsicovetere y cols.^[24], en que los se investigaba el centrado y la limpieza de conductos radiculares de dientes naturales.

Los resultados de este trabajo se pueden correlacionar con los resultados obtenidos con otras metodologías para evaluar el centrado y limpieza de los conductos radiculares como los obtenidos por Ponti y cols.^[42], donde se utilizaron instrumentos rotatorios para evaluar el centrado en conductos unirradiculares con curvaturas graduales hasta 45 grados.

En este estudio se evalúa la limpieza de conductos radiculares con grados de curvatura de hasta 40 grados, instrumentados hasta un calibre 80, de forma similar al estudio realizado por Al-Omari y cols.^[43].

Cimis y cols.^[44] y Luiten y cols.^[46] evaluaron la limpieza del conducto radicular en dientes multirradiculares con curvaturas menores e iguales a 40 grados (igual que en el presente estudio), así como la transportación que se produce en el tercio apical.

En este estudio se han utilizado dientes unirradiculares con un solo conducto que se han dividido en tres grupos atendiendo al grado de curvatura: 20 grados o menos, de 21 a 30 grados, y de 31 a 40 grados. En los cuatro grupos de instrumentación, un alto número de conductos presentaban una curvatura entre 21 y 30 grados; mientras que los conductos con 20 grados o menos de curvatura eran los más escasos: 4 en el grupo de fuerzas balanceadas y 3 en el grupo de LightSpeed. En los grupos en los que se utilizó ProTaper o Hero 642 como sistema de instrumentación no había conductos radiculares con grado de curvatura de 20 grados o menos.

En cuanto a la forma inicial de los conductos (Tablas 3-6) pudimos observar en las imágenes preoperatorios de los cortes transversales que la forma más frecuente era la redondeada, en los tres tercios de estudio y en los cuatro grupos de instrumentación. No obstante, la proporción de conductos redondeados disminuía conforme nos acercábamos al tercio apical del conducto. Los conductos con forma oval eran los segundos más frecuentes: encontramos canales ovales en los tres tercios de los conductos con grado de curvatura entre 21 y 30 grados, en los cuatro grupos de instrumentación. Por último, la forma irregular del conducto era muy escasa y se limitaba al tercio apical de alguno de los grupos de instrumentación.

En el presente estudio se pudo apreciar que existen zonas de las paredes del conducto radicular en las que los instrumentos nunca tocan la dentina, haciéndolo tan sólo el agente irrigante, hecho que ya se había demostrado en estudios previos^[25, 32, 36, 57, 63-66].

Para controlar, en la medida de lo posible, estas áreas, durante la exposición radiográfica se empleó una metodología similar a la utilizada por Senia y Wildey en 1989^[32]. Estos autores sugieren la exposición radiográfica de la misma cara proximal que se emplea en este trabajo; aunque hubiera sido más provechoso el haber teñido con un colorante esas zonas que no toca el instrumento durante las maniobras de limpieza y ensanchado.

Esta parte del conducto radicular es a lo que se refiere Senia^[25] como la dimensión olvidada. Esta dimensión olvidada aloja tejido orgánico que en un tiempo se convertirá en tejido necrótico, bacterias, restos de dentina, residuos del agente irrigante y del auxiliar de la instrumentación.

Durante el desarrollo del trabajo pudimos constatar que aún cuando la literatura endodóntica esta llena de artículos científicos sobre trabajos *in vitro* en conductos simulados en resina acrílica no constituye un respaldo real para el clínico.

Nuestros resultados no comparten los conceptos de Thompson y cols.^[2], que sugieren el uso de cubos de plástico simulando conductos con cierta curvatura, puesto que no ofrecen la misma resistencia al corte que presenta la dentina.

Los cubos con conductos en acrílico sólo permiten al operador estandarizar el diámetro del conducto, su longitud y radio de la curvatura^[65,66], mientras que un diente natural ofrece una realidad parecida a la que se enfrentará en la clínica, ya que cada diente le ofrecerá características y accidentes anatómicos propios.

Aún cuando este estudio se haya realizado en dientes unirradulares con curvatura gradual progresiva, podemos ver que existen instrumentos que se comportan de forma muy diferente en el tercio apical a como los oferta

el fabricante; debido a que el diseño que tienen es más efectivo trabajando en un tercio determinado del conducto y no a todo lo largo del mismo^[51,52].

Ambos métodos experimentales para evaluar la limpieza y ensanchado del sistema de conductos radiculares (conductos simulados en resina acrílica o dientes naturales) no son suficientes para reflejar el comportamiento y eficacia real de la técnica de instrumentación empleada^[65,66].

La mayoría de los estudios acerca de la limpieza y ensanchado del canal^[18,36,57,62-65] hacen referencia a la curvatura y al aspecto general del cuerpo del conducto, mientras que las imágenes obtenidas a través del microscopio óptico o el microscopio electrónico de barrido revelan posibles micro-fracturas que se detectan en la dentina como consecuencia del corte de los instrumentos.

Hülsmann y cols.^[64] demostraron en cortes transversales de conductos radiculares que un instrumento, después de haber sido empleado varias ocasiones, puede provocar grietas o fisuras a lo largo del conducto; lo que podría significar una reducción en la resistencia de la estructura dental remanente.

Portenier y cols.^[22] sugieren que la tomografía axial computarizada (TAC) puede ser de mayor auxilio que las imágenes obtenidas mediante un microscopio, pero presenta el inconveniente de cómo asociar las imágenes obtenidas.

Estamos de acuerdo en las condiciones que proponen algunos autores^[20,21] para evaluar al conducto radicular por segmentos, ya que es una forma segura y confiable de valorar cómo limpian los instrumentos dentro del sistema de conductos radiculares.

Bramante y cols.^[20] tienen una gran influencia en la literatura endodóntica en lo que al corte transversal se refiere y coincidimos con sus hallazgos en el sentido de que sólo se puede evaluar el centrado, mientras que para valorar la conformación del conducto sería mejor emplear cortes longitudinales.

Kuttler y cols.^[21] proponen un método para evaluar el centrado del conducto en cortes transversales mediante el llamado "cubo endodóntico", cuya principal limitación es la gran inversión de tiempo por corte y por diente

En el presente estudio se utilizaron cortes transversales de los conductos, de tal manera que nos permitiera tomar una porción de aproximadamente un milímetro y medio o dos de espesor de la porción cervical, media y apical del conducto instrumentado, para poder emitir un juicio clínico acerca del centrado de la instrumentación.

Para realizar trazos en la radiografía inicial se utilizó un software informático, para posteriormente, en la misma posición, trazar una nueva línea a través de la nueva curvatura, confrontar ambas y analizar los grados obtenidos^[47]. Esto nos permite superponer una imagen sobre otra y emitir un juicio visual de qué sucedió en el estudio experimental.

Los resultados sobre el centrado del conducto muestran que en el grupo instrumentado con la técnica de Fuerzas Balanceadas (Tabla 7), el mayor porcentaje de coincidencia de las imágenes postoperatorias correspondía a la categoría «75%» en los tercios medio y apical de los conductos de 20 grados o menos, en los tres tercios de los conductos de 21 a 30 grados y al tercio coronal y medio de los conductos de 31 a 40 grados.

En el grupo LightSpeed (Tabla 9), los conductos 20° o menos de curvatura, de «21° a 30°» y de «31° a 40°» presentan un mayor porcentaje de imágenes postoperatorias «semejantes» en los tres tercios de estudio.

Los resultados sobre centrado del conducto en el grupo ProTaper muestran (Tabla 11) que, en el grupo «21° a 30°», la categoría de centrado del conducto más frecuente es «75%», tanto en el tercio apical como en el tercio medio; mientras que en el grupo «31° a 40°» aparece con más frecuencia en los tres tercios del conducto.

Por último, en el grupo Hero 642 (Tabla 13), la categoría «75%» de coincidencia de las imágenes operatorias es la más frecuente en el tercio apical y medio del grupo «21° a 30°»; pero en el grupo «31° a 40°» es la más frecuente en los tres tercios del conducto.

Las comparaciones entre los diferentes sistemas de instrumentación (Tabla 15) muestran que, en el grupo «21° a 30°» y el grupo «31° a 40°», el sistema de instrumentación que centra más la preparación biomecánica de los conductos es LightSpeed; mostrando diferencias estadísticamente significativas con los otros grupos de instrumentación. ProTaper y Hero 642 se comportan de modo similar y no muestran diferencias significativas en ninguno de los tres tercios en los dos grupos de curvatura, y la instrumentación mediante Fuerzas Balanceadas muestra los peores resultados.

Otros trabajos^[67,68] han encontrado que los instrumentos rotarios superan ligeramente a los instrumentos manuales en aquellos conductos curvos de 28 a 35 grados; ahora bien, en este estudio se manejaron conductos radiculares con curvaturas que alcanzaban hasta los 40 grados; y coincidimos con estos trabajos en cuanto al comportamiento de los instrumentos rotatorios, aún cuando entre ellos existan diferencias estadísticamente significativas en tercio apical^[30].

Hülsmann y cols.^[63] mostraron un excelente comportamiento de los instrumentos rotatorios tipo Hero 642. En nuestro trabajo, el sistema Hero 642 muestra un comportamiento similar a ProTaper en cuanto al centrado

del conducto, mejor que el grupo de Fuerzas Balanceadas y peor que LightSpeed.

El grupo Fuerzas Balanceadas tuvo un excelente comportamiento en tercio coronal y medio de conductos menores de 20 grados demostrando que no existe diferencia estadísticamente significativa en estas zonas del conducto, pero su eficacia disminuye a medida que aumenta la curvatura radicular y muy en especial en el tercio apical.

La dentina ofrece cierta resistencia a ser cortada, por lo que el centrado de la instrumentación se va perdiendo a medida que nos acercamos más a la región apical, tal y como muestran algunos autores^[13,18,36,40,62-65].

Las diferencias encontradas entre los tres sistemas de instrumentación mecánica y la preparación manual ya han sido puestas de manifiesto por autores como Hülsmann y cols.^[63], al comparar diferentes instrumentos rotatorios y uno manual. Entre ambos estudios existen diferencias en cuanto a la concentración del NaOCl empleado (1%) y a los grados de curvatura radicular empleados (20-40 grados), incluso se usó una secuencia de instrumentos diferente; pero aún con estas mínimas diferencias los resultados son similares.

Cuando el clínico aplica cierta fuerza sobre el instrumento, sea éste manual o rotatorio, se genera cierto grado de calor sobre el medio que lo contiene, fenómeno que potencia las propiedades del hipoclorito de sodio^[25]. De esta manera se logra cierto grado de limpieza, por la acción química de las soluciones utilizadas, tal y como se recomienda en los trabajos de Hülsmann y cols.^[63-65], Versümer y cols.^[66] y Kuttler y cols.^[21].

La Asociación Americana de Endodoncia (AAE) propuso una serie de parámetros para evaluar la limpieza^[61] mediante una escala ordinal que mide la limalla dentro de los conductos radiculares. En este trabajo se ha evaluado

la limpieza de los conductos tercio a tercio, aunque serían deseables futuros trabajos que versen sobre limpieza en cortes longitudinales.

Los resultados de limpieza del conducto en el grupo Fuerzas Balanceadas (Tabla 16) muestran que un 40% y un 27,5% de conductos presentan limalla dentinaria en los tercios apicales de los grupos «21° a 30°» y «31° a 40°», respectivamente.

LightSpeed (Tabla 18) limpia la totalidad del conducto radicular, dejando menos de un 10% de conductos con limalla dentinaria en el tercio apical en los grupos de «21° a 30°» y «31° a 40°».

En el grupo ProTaper (Tabla 20), el 90,5% de los conductos de «21° a 30°» no presentan limalla dentinaria en el tercio apical, porcentaje que desciende hasta un 50,0% en el grupo «31° a 40°».

Por último, en el grupo «21° a 30°» de Hero 642 (Tabla 22) un 87,5% de los conductos se muestran «sin limalla dentinaria...» en el tercio apical, porcentaje que se convierte en un 72,7% en el grupo «31° a 40°».

Las comparaciones entre sistemas de instrumentación revelan que salvo en el tercio apical de los conductos de «21° a 30°», en él que el grupo Fuerzas Balanceadas muestra peor comportamiento que los otros sistema de instrumentación, no existen diferencias estadísticamente significativas en la limpieza del conducto entre ellos.

El sistema ProTaper mostró en el tercio apical de los conductos radiculares con curvatura entre «31° a 40°» mayor cantidad de limalla dentinaria que los otros tres grupos de instrumentación, pero las diferencias no llegaron a ser estadísticamente significativas. Este hecho puede ser atribuido al diseño de cada instrumento, en especial sobre el instrumento SX y S1 (shaper1) y a una conicidad variable entre .06 y .04 respectivamente.

Hero 642 eliminó gran cantidad de limalla dentinaria en el tercio apical del conducto, pero LightSpeed fue el sistema que mejor comportamiento mostró. La comparación entre ambos no fue estadísticamente significativa. Creemos que estas diferencias se debieron a la longitud de las hojas cortantes de cada instrumento, siendo el instrumento LightSpeed ideal para limpiar mejor que el resto de los grupos en el tercio apical.

Nuestros resultados coinciden con los encontrados por Schrader^[26], ya que se siguió fielmente la secuencia de los instrumentos con el objeto de reducir factores de riesgo durante la limpieza y ensanchado del sistema de conductos, logrando así el tan deseado centrado de la instrumentación.

Tradicionalmente se han utilizado instrumentos manuales para limpiar y ensanchar a los conductos radiculares, con una conicidad de 0.02. En este estudio utilizamos instrumentos manuales de conicidad 0.02, dos sistemas de instrumentos rotatorios con conicidad de 0.02 y otro variable entre 0.02 a 0.06.

El hecho de manejar instrumentos con conicidad variable es un intento del fabricante por reducir el número de instrumentos que serán utilizados para limpiar y ensanchar al sistema de conductos.

Durante el estudio nos pudimos dar cuenta que a mayor conicidad, el instrumento difícilmente puede alcanzar la porción apical del conducto, sacrificando de ésta manera la limpieza del mismo y debilitando las paredes internas del conducto radicular.

Los instrumentos empleados en cada grupo analizado tuvieron excelente comportamiento durante el centrado de la instrumentación en tercio coronal y medio, a excepción del tercio apical del conducto, donde existían diferencias estadísticamente significativas entre ellos: LightSpeed es el sistema que centra mejor el conducto, el grupo de Fuerzas Balanceadas muestra el

peor comportamiento, y entre ProTaper y Hero 642 no existen diferencias significativas.

Estas diferencias a partir del tercio medio fueron evidentes debido al grosor del instrumento y sobre todo a la conicidad del mismo. Se puede mencionar también que aparte de la conicidad del instrumento, también influye la longitud de la lima en donde se encuentra la parte activa. Para el grupo de Fuerzas Balanceadas, ProTaper y Hero 642 les corresponde una longitud de 16mm, mientras que para LightSpeed tiene una longitud de 4 a 5 milímetros.

En el tercio apical del conducto, el sistema LightSpeed mostró un mejor comportamiento debido a sus características de diseño, hecho que coincide con Thompson y cols.^[13].

En este estudio solo se utilizó un agente quelante líquido, coincidiendo con Hülsmann y cols.^[64], que indican que el agente quelante en estado líquido deja menos residuos que cuando es manejado en el interior de los conductos radiculares en forma de pasta.

Si el clínico en su práctica utilizara el irrigante, agente quelante e irrigación constante, podría alargar la vida útil de los instrumentos, llámese limas o rotatorios de acero inoxidable o de níquel titanio^[24,37].

Los instrumentos de gran conicidad, por lo general, se desgastan más en su cuerpo; a diferencia de aquellos de conicidad 0.02, en donde la punta del mismo va sufriendo un mayor desgaste que el cuerpo^[37,40].

VI. CONCLUSIONES

Tras la exposición de los Resultados y Discusión, el estudio llega a las siguientes conclusiones:

1.- El sistema de instrumentación que centra más la preparación, en los tres tercios del conducto de dientes unirradiculares con diferentes grados de angulación radicular («20° o menos», «21° a 30°» y «31° a 40°»), es LightSpeed, seguido de ProTaper y Hero 642 que se comportan de modo similar; mientras que la instrumentación manual con técnica de Fuerzas Balanceadas muestra los peores resultados de centrado.

2. Los tres sistemas de instrumentación rotatoria (LightSpeed, ProTaper y Hero 642) y la instrumentación manual con técnica de Fuerzas Balanceadas eliminaron la totalidad de la limalla dentinaria de los tercios coronal y medio del conducto, en dientes unirradiculares con diferentes grados de angulación radicular («20° o menos», «21° a 30°» y «31° a 40°»). En el tercio apical, la instrumentación manual mostró peor comportamiento que los sistemas rotatorios.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Mullaney TP. Instrumentation of finely curved canals. *Dent Clin Nort Am* 1979; 23(4): 575-85.
2. Thompson SA, Dummer PHM. Shaping Ability of Light Speed Rotary Nickel-Titanium Instruments in Simulated Root canals. *J Endodon* 1997; 23(11): 698-702.
3. Hudson DA, Remeikis NA, Van Cura JE. Instrumentation of curved root canals: a comparison study. *J Endodon* 1992; 18(9): 448-50.
4. Gutmann JL, Dumsha TC, Lovdahl PE, Hovland EJ. Problems solving in Endodontics: Prevention, Identification, and Management. 3rd. edition Mosby; 1997.
5. Leonardo MR. Tratamiento de los conductos radiculares. 4ª ed. Editorial Panamericana; 1994.
6. Weine FS. Tratamiento Endodónico. 5ª ed. Harcourt Brace; 1997.
7. Tharuni SL, Paramesawaran A, Sukumaran VG. A comparison of canal preparation using the K-File and LightSpeed in resin blocks. *J Endodon* 1996; 22(9): 474-6.
8. Barbakow P, Lutz F. The Light Speed preparation technique evaluated by swiss clinicians after attending continuing education courses. *Int Endod J* 1997; 30: 46-50.
9. Abou-Rass M, Jastrab RJ. The use of rotary instruments as auxiliary aids to root canal preparation of molars. *J Endodon* 1982; 8: 78-82.

10. Ehrlich AD. Effects of some instrumentation on the apical preparation of curved canals. *J Endodon* 1989; 15: 200-3.

11. Szabo WH. Den. Properties of endodontic hand instruments used rotary motion. Part 2. Instrumentation of curved canals. *J Endodon* 1995; 21(10): 493-6.

12. Scafer E. Effects of four instrumentation techniques on curved canals: a comparison study. *J Endodon* 1996; 22(12): 685-9.

13. Thompson SA, McPhil PM, Dummer PHM. Shaping ability of LightSpeed rotary Nickel - Titanium instruments in simulated root canals. part 2. *J Endodon* 1998; 23(12): 742-7.

14. Cohen S, Burns RC. *Pathways of the pulp*. 6^a ed. Mosby; 1999.

15. Pereira Lopes H, Nelson EC, Estrela C, Freitas Siqueira J Jr. Assessment of the apical transportation of root canals using the method of curvature radius. *Braz Dent J* 1998; 9(1): 39-45.

16. Rolg-Cayon M, Basillo-Monne J, Abos-Herrandiz R, Brau-Aguade E, Canalda-Sahli C. A comparison of molar root canal preparation using six instruments and instrumentation techniques. *J Endodon* 1997; 23(6): 383-7.

17. Nagy CD, Szabo J, Szabo J. A mathematically based classification of root canal curvatures on natural human teeth. *J Endodon* 1995; 21(11): 557-60.

18. Cunningham CJ, Senia ES. A tridimensional study of canals curvatures in the mesial roots of mandibular molars. *J Endodon* 1992; 18(6): 294-300.

19. Pereira Lopes H, Nelson EC, Estrela C, Freitas Siqueira J. Assessment of the apical transportation of root canals using the method of curvature radius. *Braz Dent J* 1998; 9(1): 39-45.
20. Bramante CM, Berbert A, Borges RP. A methodology for evaluation of root canal instrumentation. *J Endodon* 1987; 13: 243-5.
21. Kuttler S, Garala M, Perez R, Dorn S. The endodontic cube: a system designed for evaluation of root canal anatomy and canal preparation. *J Endodon* 2001; 27: 533-6.
22. Portenier F, Lutz F, Barbakow. Preparation of the apical part of the root canal by the LightSpeed and Step-Back Techniques. *Int Endod J* 1998; 31: 103-11.
23. Salomon RM, Soler BR, De la Garza GR, Palacios GMC. Incidence of LightSpeed separation and the potential for bypassing. *J Endodon* 1997; 23(9): 586-7.
24. Marsicovetere ES, Clemente J, Del Rio Carlos E. Morphometric video analysis of engine driven Nickel-Titanium LightSpeed instruments System. *J Endodon* 1996; 22(5): 231-5.
25. Senia SE. Canal Diameter: The forgotten dimension. *Dent Today* 2001; 5: 60-4.
26. Schrader C, Ackermann M, Barbakow F. Step-by-step description of a rotary root canal preparation technique. *Int Endod J* 1999, 32: 312-20.
27. Kerekes K, Tronstad L Morphometric observations on root canals of human molars. *J Endodon* 1977; 3: 114-8.

28. Miyashita M, Kasahara E, Yasuda E, Yamamoto A, Sekizawa T. Root canal system of mandibular incisor. *J Endodon* 1997; 23: 479-84.
29. Reddy SA, Hicks ML. Apical extrusion of debris using two hand and two rotary instrumentation techniques. *J Endodon* 1998; 24: 180-3.
30. Short JA, Morgan LA, Baumgartner JC. A comparison of canal centering ability of four instrumentation techniques. *J Endodon* 1997; 23: 499-502.
31. Walia H, Brantley WA, Gerstein H. An inicial investigation of the bending and torsion properties of nitinol root canal files. *J Endodon* 1988; 14: 346-51.
32. Wildey WL, Senia ES. A new root canal instrument and instrumentation technique: a preliminary report. *Oral Surg Oral Med Oral Path Endod* 1989; 67: 198-207.
33. Wu MK, Wesselink PR. Efficacy of three techniques in clearing the apical portion of curved root canals. *Oral Surg. Oral Med. Oral Path Endod* 1995; 79: 492-6.
34. Zuolo M, Walton RE, Murgel CA Canal master files: scanning electron microscopic evaluation of new instruments and their wear with clinical usage. *J Endodon* 1992; 18: 336-9.
35. Glosson CR, Haller RH, Dove SB, del Rio CE A comparison of root canal preparations using NiTi engine-driven and K-flex endodontic instruments. *J Endodon* 1995; 21: 146-51.
36. Machtou P Endodontic canal preparation: advances in rotary instrumentation. *PPAD* 1998; 10(7): 937-40.

37. Silvaggio J, Hicks L. Effect of heat sterilization on the torsional properties of rotary Nickel-Titanium endodontic files. *J Endodon* 1997; 23(12).
38. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am* 1974; 18: 269-96.
39. Greene KJ, Krell KV. Clinical factors associated with ledged canals in maxillary and mandibular molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1990; 70: 490-7.
40. Serene T, Adams JD, Ashok S. Nickel titanium instruments application in endodontics. St. Louis: Ishiyakau Euro America; 1995.
41. Short JA, Morgan LA, Baumgartner JC. A comparison of canal centering ability of four instrumentation techniques. *J Endodon* 1997; 23(8): 503-07.
42. Ponti T, McDonald NJ, Kuttler S, Strassler H, Dumsha T. Canal-centering ability of two rotary file systems. *J Endodon* 2002;28(4): 283-6.
43. Al-Omari MAO, Dummer PMH, NewCombe RG. Comparison of six files to prepare simulated root canal. Part I. *Int Endod J* 1992; 25: 57-66.
44. Cimis GM, Boyler TF, Pelleu Jr GR. Effect of three files studies of canal curvatures in the mesial roots of mandibular molars. *J Endodon* 1988; 14: 441-4.
45. Esposito PT, Cunningham CJ. A comparison of canal preparation with nickel titanium and stainless steel instruments. *J Endodon* 1995; 21: 173-6.

46. Luiten DJ, Morgan LA, Baumgartner JC, Marshall JG. A comparison of four instrumentation techniques on apical canal transportation J Endodon 1995; 21: 26-32.

47. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. Oral Surg Oral Path Oral Med 1971; 32: 271-5.

48. Southard DW, Oswald RJ, Natkin E. Instrumentation of curved molar root canals with the Roane technique. J Endodon 1987; 13: 479-89.

49. Bishop K Dummer PM. A comparison of stainless steel flexofiles and nickel titanium NiTi flex files during shaping of simulated canals. Int Endod J 1997; 30: 25-34.

50. 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 2. Int Endod J 1998; 31: 282-9.

51. Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of Profile 0.04 taper series 29 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals: Part 1. Int Endod J 1997; 30: 1-7.

52. Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of Profile 0.04 taper series 29 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals: Part 2. Int Endod J 1997; 30: 8-15.

53. Guldener PHA, Langeland K. Endodoncia: diagnóstico y tratamiento. 2^a ed. Cuellar; 1996.

54. Schrades C, Barbakow S. Evaluating the sizes of light speed instruments. Int Endod J 1998; 31: 295-300.

55. Bertrand MF, Lupi-Pegurier L, Medioni E, Bolla M. Curved molar root canal preparations using HERO 642 rotary nickel – titanium instruments. *Int Endod J* 2001; 34: 631-6.
56. Vulcain JM, Calas P. The three wave concept of HERO 642. *Endod Pract* 1999; 2: 20-31.
57. Ruddle C. The Protaper endodontic system: geometries, features, and guidelines for use. *Dent Today* 2001; 20(10): 60-7.
58. Machtou P. La cavite de acces. *Endodontic guide clinique*. Paris: Edditions CdP, 1993.
59. Loushine RJ, Weller RN, Hartwell GR. Stereomicroscopic evaluation of canal shape following hand, sonic, and ultrasonic instrumentation. *J Endodon* 1989; 15: 417-21.
60. American Association of Endodontics. Glossary contemporary terminology for endodontics. 5^a ed. AAE; 1995.
61. Short JA, Morgan LA, Baumgartner JC. A comparison of canal centering ability of four instrumentation techniques. *J Endodon* 1997; 23: 503-7.
62. Hülsmann M, Rummelin C, Schäfers F. Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: a comparative SEM investigation. *J Endodon* 1997; 23: 301-6.
63. Hülsmann M, Gressmann G, Schäfers F. A comparative study of root canal preparation using FlexMaster and HERO 642 rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J* 2001; 34: 538-46.

64. Hülsmann M, Bahr R, Gambal A. An improved technique for the evaluation of root canal preparation. *J Endodon* 1999; 25: 599-602.
65. Hülsmann M, Herbst U, Schäfers F. Comparative study of root-canal preparation using LightSpeed and Quantec SC rotary NiTi instruments. *Int Endod J* 2003; 36(11): 748-56.
66. Versümer J, Hülsmann M, Schäfers F. A comparative study of root canal preparation using ProFile .04 and Lightspeed rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J* 2002; 35: 37-46.
67. Schäfer E, Lohmann D. Efficiency of rotary nickel-titanium FlexMaster instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 1. Shaping ability in simulated root canals. *Int Endod J* 2002; 35: 505-13.
68. Petiette M, Metzger Z, Phillips C, Trope M. Endodontic complications of root canal therapy performed by dental students with stainless steel K-files and nickel-titanium hand files. *J Endodon* 1999; 25: 230-4.