Comparación de la deformación apical producida por la sobre-instrumentación con limas rotatorias y por la utilización de limas rotatorias de pequeño calibre durante su uso como limas de pasaje.

Pablo Bragado Novel

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

Comparación de la deformación apical producida por la sobre-instrumentación con limas rotatorias y por la utilización de limas rotatorias de pequeño calibre durante su uso como limas de pasaje.

Departamento de Restauradora Dental y Endodoncia. Facultad de Odontología
Programa de Doctorado: Doctorado en Odontología
Universitat Internacional de Catalunya

TESIS DOCTORAL

PABLO BRAGADO NOVEL

DIRECTOR
Dr. Fernando Durán-Sindreu Terol

CO-DIRECTOR
Dr. José Antonio González Sánchez

Barcelona, 2017

Dedicada a mis padres,
Víctor y Mercedes,
y a mi hermana Merche.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Fernando Durán-Sindreu por iniciar esta línea de investigación y depositar su confianza en mí para la realización de este trabajo.

Al Dr. José Antonio González Sánchez por ser el gran motor de este proyecto y mentor en el día a día de la Endodoncia. Gracias por el tutelaje y la codirección de este trabajo, así como por la amistad y el apoyo incondicional, sin los cuales, la realización de este proyecto no hubiese sido posible. Todo ello hace que una gran parte del mérito que tiene defender esta tesis doctoral sea suyo, por su implicación como si fuese propia.

A mis amigos el Dr. Juan Gonzalo Olivieri y a la Dra. Karem Marfisi Nava, por no dejarme abandonar esta empresa cuando las dificultades hacían que el trabajo se pusiera cada vez más cuesta arriba, así como por su ayuda siempre desinteresada.

A mis padres Víctor y Mercedes, por su aliento permanente y por inculcarme valores como el tesón, el esfuerzo y la dedicación, los cuales, entre otros no menos importantes, han permitido la realización de esta obra.

A mi hermana, Merche, por ser siempre el espejo en el que mirarme, la persona que más admiro, mi referencia constante y, sin duda, mi apoyo incondicional en todo momento.

A Adriana Gómez Rojas, por su inestimable colaboración en este proyecto. Gracias por poner la primera piedra en el camino.

ÍNDICE

1. JUSTIFICACIÓN 17

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN 21

2.1. Establecimiento y mantenimiento de una correcta longitud de trabajo a lo largo de toda la instrumentación 22

2.1.1. Constricción apical. Definición y relación con la longitud de trabajo 22

2.1.2. Importancia de la longitud de trabajo 23

2.2 Acceso, localización y ensanchamiento de los conductos sin producir errores iatrogénicos 24

2.2.1 Transporte apical 24

2.2.2. Conductos rectos vs. conductos curvos 25

2.2.3. Complicaciones asociadas al transporte apical: “Zips y Elbows” 25

2.3 Selección del tamaño de la preparación (calibrado apical). Geometría de todo el conducto que permita una adecuada desinfección y posterior obturación 26

2.3.1. Cuál es el calibre apical óptimo 26

2.3.2. Influencia de la instrumentación sobre la irrigación 28

2.3.3. Cómo medir la sobre-instrumentación y el transporte apical 28

2.4 Influencia de sobre-instrumentación sobre los tejidos peri-radiculares 29

2.5 Sistemas rotatorios de Ni-Ti utilizados en el estudio 1 30

2.5.1 Sistema S-Apex® 30

2.5.2 Sistem ProFile® 31

2.6 Lima de pasaje o permeabilidad 32

2.6.1 Concepto de lima de permeabilidad 32

2.6.2 Extrusión de detritus asociados a la lima de pasaje y las posibles consecuencias. 33

2.6.3 Dolor postoperatorio, transporte apical y daño a tejidos periapicales asociados a la utilización de lima de pasaje 34
2.7 Sistemas utilizados en el estudio 2 para realizar la permeabilidad 36
2.7.1 Sistema rotatorio de Ni-Ti PathFile® 36
2.7.1 Sistema rotatorio de Ni-Ti Scout-Race® 37

3. HIPÓTESIS DE TRABAJO 41
3.1 Hipótesis nula (H0) 41
3.2 Hipótesis alternativa (H1) 42

4. OBJETIVOS 45
4.1 Objetivos generales 45
4.2 Objetivos específicos 46

5. MATERIAL Y MÉTODOS 49
5.1 Selección y preparación de la muestra 49
5.2 Preparación del modelo e instrumentación del conducto radicular 55
5.3 Análisis de las imágenes 62
5.4 Análisis estadístico 64

6. RESULTADOS 67
6.1 Estudio 1 67
6.1.1. Cantidad de deformación 67
6.1.2. Capacidad de centrado 68
6.2 Estudio 2 69
6.2.1. Cantidad de deformación 69
6.2.2. Capacidad de Centrado 70
6.2.3. Área y perímetro 72

7. DISCUSIÓN 77
7.1 Selección de la Muestra 77
7.2 Instrumentos rotatorios de Niquel-Titanio 79
7.3 Permeabilidad Apical 83
7.4 Área y perímetro 84

8. CONCLUSIONES 91

8.1 Generales 91

8.1 Específicas 91

9. PERSPECTIVAS DE FUTURO 97

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 101

ANEXOS 115

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 51

Tabla2 58

Tabla 3 68

Tabla 4 71

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. 50

Figura 2. 53

Figura 3. 54

Figura 4 55

Figura 5 56

Figura 6 57

Figura 7 61

Figura 8 63

Figura 9 63

Figura 10 73

Figura 11 74

1. JUSTIFICACIÓN

1. JUSTIFICACIÓN

La introducción del NiTi ha supuesto una revolución en el tratamiento de conductos, reduciendo la fatiga del operador y el tiempo necesario para acabar la preparación y minimizando el número de errores asociados a la instrumentación[1-4]. Desde la introducción de estos instrumentos se han presentado un gran número de sistemas rotatorios de NiTi, que difieren básicamente entre ellos en el diseño de sus hojas cortantes y en la conicidad de sus limas[1]. Las últimas propuestas de los fabricantes son las limas de Niquel-Titanio de pequeño calibre y conicidad para la realización del Glide Path rotatorio, sustituyendo a la clásica preparación inicial manual en acero inoxidable.

Acorde a la literatura, el punto ideal donde debe acabar nuestra instrumentación y obturación es la unión cementodentinaria[5]. Esta referencia anatómica representa la parte del conducto radicular de menor diámetro y la transición entre el espacio pulpar y el ligamento periodontal[6]. Existen estudios microscópicos que estiman que la distancia entre este punto más estrecho del conducto ó constricción apical y la superficie externa de la raíz varía entre 0,5 y 1,0 milímetros[7]. Una longitud de trabajo medida más allá de esta constricción puede resultar en una sobre-instrumentación del ápice con el consecuente dolor postoperatorio, deformación de la porción final del conducto y/o fracaso del tratamiento a largo plazo[8].

Aunque los localizadores electrónicos de ápices (LEA) son una gran ayuda para localizar el final del conducto no pueden sustituir la necesidad de utilizar radiografías. Existen estudios que indican que es frecuente que los LEA obtengan falsas medidas, abogando por la necesidad de continuar utilizando radiografías[9-13].

Por lo tanto, existen tres situaciones en endodoncia donde la lima puede pasar a través del foramen mayor: por un error a causa de la inexperiencia del operador, por una medida errónea de longitud de trabajo o de manera intencional mediante la técnica del uso de la lima pasaje.

Durante la conformación del conducto se producen detritus y restos de dentina que pueden llegar a bloquear la porción apical del conducto, favoreciendo la formación de escalones, transporte de la posición original del conducto y perforaciones[14]. Una manera de prevenir el acúmulo de estos detritus es mediante el concepto de permeabilidad, que según Buchanan[15] consiste en hacer pasar de manera pasiva una lima manual de pequeño calibre a través de la constricción apical sin ensancharla.

En esta tesis doctoral se observaron las consecuencias de la utilización de diferentes instrumentos a nivel del foramen mayor y la deformación producida por los mismos.

Se realizaron dos estudios, en nuestro primer estudio se observaron los efectos sobre el foramen mayor de la sobre-instrumentación con limas rotatorias de NiTi de preparación apical, basándonos en la hipótesis de las medidas erróneas de los LEA .

En nuestro segundo estudio el objetivo fue estudiar los cambios morfológicos que se producían en el foramen mayor después de la utilización de limas rotatorias de Niquel Titanio al ser utilizadas como lima de pasaje.

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Los objetivos de la instrumentación son la remoción de microorganismos, detritus y tejido mediante el ensanchamiento del conducto radicular, dándole una forma adecuada que permita un buen sellado y evitando errores iatrogénicos[8,16].

Un gran número de estudios en dientes extraídos y en conductos simulados han demostrado que el uso de instrumentos rotatorios de NiTi permiten una conformación del sistema de conductos más rápida, centrada, conservadora y redondeada que cuando se utilizan limas manuales de acero inoxidable[2,17,18]. Las propiedades metalúrgicas únicas del NiTi han hecho posible desarrollar instrumentos rotatorios que se puedan usar de manera segura[17] aunque no existe evidencia de que la instrumentación con NiTi esté asociada a mayores porcentaje de éxito[19] . A pesar de estas modificaciones y mejoras en el armamentario endodóntico, la instrumentación continúa siendo un reto en endodoncia[2].

Antes de continuar es importante remarcar dos consideraciones mecánicas muy importantes, sobre los cuales se va a basar en gran parte este estudio in-vitro, que son la capacidad de centrado de las limas y mantener el foramen apical en su posición original [20].

Además de estas consideraciones, existen tres aspectos controvertidos en la instrumentación o conformación de los conductos radiculares que pueden influir de manera determinante en el resultado de nuestros tratamientos de conductos:

1) Establecer y mantener una correcta longitud de trabajo a lo largo de toda la instrumentación.

2) Acceso, localización y ensanchamiento de los conductos sin producir errores iatrogénicos.

3) Selección del tamaño de la preparación apical y geometría de todo el conducto que permita una adecuada desinfección y posterior obturación[19] .

2.1. Establecimiento y mantenimiento de una correcta longitud de trabajo a lo largo de toda la instrumentación.

Durante el proceso de preparación de los conductos radiculares deberemos de realizar nuestra instrumentación hasta la Longitud de Trabajo (LT) que será determinada por la posición de la constricción apical.

2.1.1 Constricción apical. Definición y relación con la longitud de trabajo.

Durante el tratamiento de conductos resulta crítico determinar y mantener una correcta longitud de trabajo (LT)[21,22], entendida como la distancia desde un punto de referencia coronal hasta el punto donde debería acabar la instrumentación y posterior obturación del conducto[23]. Este punto que representa el límite apical fisiológico donde acabar nuestra preparación se denomina constricción apical[22] y se considera el punto donde el diámetro del conducto es más estrecho localizándose en la unión cemento-dentinaria[5].

La subestimación de la LT puede conllevar a un ineficaz desbridamiento de la pulpa radicular, mientras que una sobreestimación puede producir daños en los tejidos periapicales, retrasando o evitando la curación de un proceso periapical[21,22,24].

A pesar de que se considera la constricción apical el límite apical de preparación o instrumentación del conducto[25], en la práctica clínica puede haber situaciones en las que no se encuentre una constricción apical ideal, por ejemplo en el casos de dientes inmaduros en los que no se haya formado o como consecuencia la presencia de un proceso periapical de larga evolución. Además su presencia e integridad pueden verse afectadas de forma iatrogénica (por una medida incorrecta de la LT) o intencionada (cuando se intenta drenar un absceso agudo a través del conducto)[26]. El estudio de

Goldberg y Massone[27] indicó que se puede llegar a producir transporte apical incluso con el paso de una lima K10. cuando se usa como lima de permeabilidad apical.

2.1.2 Importancia de la longitud de trabajo.

Actualmente la medición de la LT se basa en las medidas dictadas por los Localizadores Electrónicos de Ápices (LEA). Éstos son útiles para identificar el final del conducto radicular pero no reemplazan la necesidad de utilizar radiografías debido a las medidas erróneas que estos últimos pueden llegar a proporcionar[28,29] . ElAyouti y cols.[30] en su estudio in vitro encontraron que la LT se sobreestimó en mas del 50% de la muestra de premolares y en el 22% de la muestra de molares, en medidas de la longitud de trabajo a 0-2mm del ápice radiográfico.

Estos resultados fueron corroborados posteriormente en estudios in vivo por Wrbas y cols.[31] y Stöber y cols.[32] , que observaron medidas que entre un 15 -20 % de las muestras la punta de la lima atravesaba el foramen mayor, independientemente del LEA utilizado.

Por tanto, como asegura Gutiérrez y cols[33], parece que la sobre-instrumentación es un hecho algo común en endodoncia, puesto que es imposible detectar clínicamente la unión cemento-dentinaria, zona que marca el final del conducto y que se encuentra ocupada inicialmente por la pulpa dental. Esto puede conllevar aparte de la sobre-instrumentación a una posterior sobre-obturación que pase inadvertida y acabe provocando el fracaso del tratamiento de conductos.

Sjögren demostró que una obturación entre 0 y 2mm más corta del ápice radiográfico en dientes con presencia de periodontitis apical asintomática tenía un mejor pronóstico a largo plazo que cuando dicha obturación estaba sobreextendida (el porcentaje bajaba desde un 96% a un 74%)[8].

González y cols.[34] demostraron en su estudio que la sobre-intrumentación además produce la formación de forámenes ovales, lo que puede conllevar a una posterior obturación defectuosa y y permitir que haya un movimiento de sustratos a

microorganismos que hayan podido quedar remanentes en el interior del conducto radicular. Estos resultados corroboraron los de Fan y cols.[35] que demostraron que los conductos radiculares obturados con formas irregulares tenían mayores índices de filtración en comparación con los que sufrían poco o nada de transporte.

2.2 Acceso, localización y ensanchamiento de los conductos sin producir errores iatrogénicos.

2.2.1 Transporte apical

Una de las consideraciones mecánicas de importancia que citábamos al principio de nuestro escrito era el intentar no transportar nunca la posición del foramen apical.

El transporte apical podría definirse como una desviación indeseable de la trayectoria natural u original del conducto[19]. Desde un punto de vista clínico y según las guías de la Sociedad Europea de Endodoncia se prevé que un conducto instrumentado engloba la totalidad de la circunferencia del conducto sin preparar, indicando que el conducto se ha debridado a fondo[36].

Este concepto puede ir asociado a la alteración de la constricción apical debido a las fuerzas que actúan en dirección hacia la cara externa de la lima. Parece probable, por ello, que la ruptura, desorganización o alteración de la constricción apical pueda darse durante el tratamiento endodóntico convencional. Se puede especular que la falta de constricción apical en estos dientes puede permitir un aumento de la extrusión apical de chips de dentina, restos de tejido pulpar, restos de detritus necróticos, irrigantes o microorganismos[26] fuera del conducto radicular hacia los tejidos periapicales durante la preparación químico-mecánica, lo que puede acarrear consecuencias indeseables como la inducción de un proceso inflamatorio, presencia de dolor postoperatorio o retraso de la curación[37].

Como ha demostrado la literatura existen un porcentaje de medidas que son sobreestimadas, lo que conlleva a la sobre-instrumentación y al transporte de la

posición del foramen apical. Se ha estudiado la efectividad de los instrumentos en la preparación del conducto tras la determinación de una longitud de trabajo correcta[30-32]. Estos estudios dejan al margen el hecho de que la instrumentación puede darse más allá del foramen mayor.

2.2.2 Conductos rectos vs. conductos curvos.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es que la mayoría de los conductos son curvos. Esto acaba produciendo un reparto desigual de las fuerzas y un enderezamiento del conducto debido a la tendencia de los instrumentos a recuperar su forma original [38,39]. Como consecuencia las zonas apicales del conducto tienden a ser sobre-instrumentadas hacia la zona exterior de la curva[40,41].

Aparte de la presencia de curvaturas en diferentes planos, el tercio apical es otra de las zonas anatómicas que no puede ser totalmente evaluada con radiografías periapicales[19]. En la literatura se ha indicado que el diseño del instrumento influye de manera decisiva en la deformación y transporte de conductos curvos. Uno de los diseños que han sido descritos como mas respetuosos con la anatomía original del conducto es la introducción de Radial-Lands (superficie de apoyo) en el diseño del instrumento[1]. Limas rotatorias como las Profile® presentan éstas superficies en su sección.

2.2.3 Complicaciones asociadas al transporte apical: "Zips y Elbows"

Es necesario evaluar la acción de instrumentos rotatorios con bordes u hojas cortantes en esta zona del conducto, pero se puede presumir que éstos llevados más allá del foramen producirían un error iatrogénico llamado "zip" (deformación apical en forma de cremallera), que se ha asociado a preparaciones con instrumentos que posean puntas activas[42-45]. Es por ello que se debería evitar en la medida de lo posible la instrumentación del foramen apical con instrumentos que posean este tipo de hojas cortantes de manera que no se produzcan eventualidades como los "zips" [46].

La influencia que este tipo de complicaciones podría tener sobre el pronóstico del caso ya se ha discutido en el pasado, dado que la presencia de transporte apical podría llevar a una inadecuada desinfección del conducto y una persistencia de una lesión periapical inicial, así como a un adelgazamiento de las paredes del conducto que podría favorecer la incidencia de fracturas verticales[19].

La formación de "zips" y "elbows" (procedente del termino anglosajón que significa pata de elefante o acodaduras) y otras eventualidades como la formación de escalones, perforaciones, adelgazamiento de la pared del conducto tienen un factor en común, que todas son posibles resultados del transporte del conducto[19].

El transporte apical ha sido definido y calculado de muchas maneras para justificar los diámetros del conducto y los tamaños o calibres de los instrumentos[47-51]. Los principios sobre la instrumentación y conformación de conductos están basados principalmente en conceptos geométricos de los años 50 que sugieren que los diámetros del foramen oscilan entre 0,27 y 0,33mm[5,52]. Un análisis anatómico más detallado indica que una preparación del conducto tan estandarizada, llevada hasta un punto coronal a la constricción apical puede ser problemático, puesto que el concepto "clásico" de constricción no se encuentra en más de un 50% de los conductos[53].

2.3 Selección del tamaño de la preparación (calibrado apical). Geometría de todo el conducto que permita una adecuada desinfección y posterior obturación

Durante toda la conformación del conducto radicular debemos respetar, en la máxima capacidad posible, la anatomía original del mismo. Durante años ha sido objeto de debate la conformación final del conducto y cual debe ser el diámetro que debemos de otorgarle al mismo.

2.3.1 Cuál es el calibre apical óptimo.

Una minuciosa búsqueda en la literatura científica realizada por Baugh y Wallace[54] falló a la hora de encontrar cuál sería el diámetro ó calibre apical óptimo. Algunos

autores[55-63] sugieren llegar a calibres apicales mayores de 0,35 ó 0,40 milímetros. Otros, por otro lado, sugieren agrandar el calibre apical tres calibres por encima del primer instrumento que encuentra un tope apical (lima apical inicial) a LT[64-67] . Ésto último no está claro, según Wu y cols.[68] , puesto que ese tope puede no reflejar el diámetro de la constricción debido a las irregularidades de la anatomía apical, así como al hecho de que la sección del conducto a ese nivel no tiene por qué ser totalmente circular. Es por ello que ensanchar apicalmente tres calibres por encima no asegura la remoción de la porción más interna de las paredes dentinarias, así como la totalidad del tejido necrótico. Estos resultados están en consonancia con los encontrados por Briseño[52], que predicen un alto índice de fallo cuando se selecciona la lima apical inicial debido a las irregularidades que puede haber en el interior del conducto, coronales al foramen fisiológico.

A pesar de la discrepancia entre autores se puede concluir que tanto la conicidad como diámetro apical son importantes en la instrumentación químico-mecánica del sistema de conductos radicular[69].

Resulta un tema de continuo debate si una preparación apical con diámetros más pequeños permite llevar a cabo una acción antimicrobiana eficaz. El clínico debe decidir de manera cuidadosa con qué instrumento y cómo ensanchar cada conducto para obtener esta acción antimicrobiana sin debilitar en exceso la estructura dental. La mayoría de sistemas de instrumentación de NiTi disponen de instrumentos que permiten mayor ensanchamiento del conducto sin errores asociados de preparación y sin una reducción excesiva de las paredes dentinarias radiculares[19].

La evidencia actual demuestra que preparaciones apicales de mayor calibre son factibles, con un consecuente aumento de la eficacia de los irrigantes y de la calidad de la obturación. Los instrumentos de NiTi requieren de un entrenamiento extenso in vitro que disminuya los riesgos de separación en el interior del conducto y deben ser utilizados a la longitud de trabajo y calibre apical que cada caso requiera[19].

2.3.2 Influencia de la instrumentación sobre la irrigación.

La preparación quimico-mecánica con dispositivos de irrigación suplementarios a las agujas de irrigación convencionales promueve una mayor reducción bacteriana pero no es capaz de ofrecer un conducto libre de bacterias[58,70-74] .

Los irrigantes sólo penetran apicalmente un milímetro más allá de la punta de la aguja[55] , este concepto y el tipo de agujas utilizadas normalmente (27 ó 30G equivalen a 0,42 y 0,31milímetros respectivamente) sugieren que el diámetro apical del conducto y la presencia de curvaturas juegan un papel importante en la eficacia del irrigante[61].

En la búsqueda de una metodología óptima que permita una eliminación de contaminantes del sistema de conductos algunos autores han sugerido que el tamaño de la preparación apical puede resultar importante a la hora de conseguir este objetivo[58-60,66,75-77].

La evidencia actual indica que preparaciones apicales más grandes son factibles, lo que probablemente conlleva una mejora de la eficacia de la irrigación, así como de la calidad de la obturación[19].

2.3.3 Cómo medir la sobre-instrumentación y el transporte apical

Viendo la trascendencia que la deformación puede tener es por ello que creímos importante observar los efectos que produce la sobre-instrumentación sobre el foramen mayor.

La medición del transporte apical puede ser utilizada para comparar la actuación de dos instrumentos. Pone de manifiesto el grado a partir del cual un instrumento comienza a enderezar un conducto curvo durante el ensanchamiento apical. En la literatura se ha descrito la utilización de métodos de Tomografía Computerizada de Haz Cónico (TCHC/CBCT) para la observación de la deformación a nivel del conducto radicular, sin embargo a nivel del foramen mayor no son útiles, ya que el

tamaño del vóxel de los mismos suele ser de menor tamaño que la deformación producida en el foramen. Por ello se ha descrito la observación directa mediante el uso de estereomicroscopio del foramen mayor.

2.4 Influencia de sobre-instrumentación sobre los tejidos peri-radiculares

El peor escenario desde el punto de visto de la respuesta de los tejidos peri-radiculares a los procedimientos intraconducto viene representado por la presencia de dolor postoperatorio acompañado o no por la emergencia o persistencia de lesión periapical[78].

El dolor postoperatorio normalmente suele ser una respuesta inflamatoria aguda de los tejidos mientras que la emergencia o persistencia de una lesión periapical se caracteriza por ser una inflamación crónica como resultado de la persistencia de un estímulo lesivo de baja intensidad[79].

La causa etiológica principal tanto de dolor postoperatorio como de la persistencia de lesión periapical es la presencia de microorganismos. Sin embargo existen otros tipos de factores no microbianos que pueden producir inflamación de los tejidos periapicales como son: químicos (producidos por irrigantes, medicaciones o material de obturación) o mecánicos (sobre-instrumentación y sobre-extensión del material de obturación)[78].

Hablando de sobre-instrumentación existe el riesgo de desarrollar dolor postoperatorio cuya intensidad depende del grado de daño tisular producido[80]. Cuanto mayor sea el tamaño del instrumento mayor será el grado de destrucción tisular. Además, en casos donde existe lesión periapical previa esta sobre-instrumentación puede ir asociada a una extrusión de detritus que puede inducir no sólo dolor sino además una curación incompleta[81,82].

Por lo tanto, la literatura ha demostrado que existen situaciones en endodoncia donde una lima puede pasar a través por el foramen mayor ya sea o por error a causa de la inexperiencia del operador, medida errónea de longitud o precisión de los

localizadores o de manera intencional como con el uso de la lima pasaje. Por ello decidimos estudiar en nuestro primer estudio los efectos de la sobre-instrumentación en el foramen apical basándonos en la hipótesis de las medidas erróneas de los LEA .

En nuestro segundo estudio nuestro objetivo fue estudiar los cambios morfológicos que se producían al utilizar limas de pasaje rotatorias.

2.5 Sistemas rotatorios de Ni-Ti utilizados en el estudio 1

En nuestro primer estudio decidimos comparar la deformación a nivel del foramen mayor de los sistemas rotatorios de NiTi S-Apex® y ProFile®.

2.5.1 Sistema S-Apex®

El sistema de limas S-Apex (FKG, Les Faux Chauds, Switzerland) nace en el año 2003. Tiene la peculiaridad de que sus limas poseen conicidad invertida, lo que hace que sólo trabajen en el tercio apical.

S-Apex® es un sistema de instrumentos rotatorios de NiTi de conicidad inversa (D1 > D2) y por ello extremadamente flexibles. Es un complemento ideal para todas las secuencias de endodoncia y ofrece más seguridad en conductos estrechos, calcificados o con curvaturas pronunciadas. De acuerdo con el fabricante, si se excede el límite de ruptura, el instrumento S-Apex, gracias a su conicidad inversa, se rompe o se dobla en su punto de seguridad, es decir, a 16 mm desde la punta. La parte rota del instrumento puede retirarse fácilmente con unas pinzas ya que, gracias a su diseño patentado, no se bloquea[83].

Quizás el único sistema parecido conceptualmente con S-APex® es el sistema Lightspeed (LSX, San Antonio) que cuenta con un mango fino inactivo y una parte en el extremo, que es la que trabaja a nivel apical. Esto según Iqbal[84] le confiere la capacidad de ensanchar a calibres mayores a nivel apical sin producir errores asociados a la preparación como son escalones, zips o perforaciones. Además la

utilización de limas con conicidad con los mismos calibres que LSX puede llevar a destrucción de muchas raíces, pues el debilitamiento a nivel cervical es mínimo debido a que la parte activa del instrumento no remueve dentina a nivel cervical durante la instrumentación. Esto puede ayudar a aliviar la preocupación respecto al debilitamiento de la raíz[59] dado que su diseño contribuye a disminuir aberraciones e irregularidades, y menor tendencia al enderezamiento[53] .

A pesar de estas ventajas, sí que encuentra una ganancia en la longitud de trabajo en la mayoría de las muestras que pese a que no es significativa[84], es importante observar qué efectos podría tener sobre el foramen apical.

Se ha demostrado que los instrumentos con vástago fino permite conformación apical con calibres mayores con una menor incidencia de errores de procedimiento como los descritos anteriormente asociados al transporte apical[50,59].

2.5.2 Sistema ProFile®

El sistema ProFile®, que es un sistema que posee una sección en triple U, donde los bordes cortantes se apoyan en radial lands cuya función es mantener el instrumento centrado en el interior del conducto, minimizando el transporte y otros accidentes iatrogénicos[1].

El sistema ProFile® está compuesto por instrumentos rotatorios de NiTi y fue introducido por el Dr. W. Ben Johnson en 1994[85]; más de veinte años después de su aparición en el mercado es un sistema que, excluyendo algunos cambios menores en relación con la estandarización del color, posee las mismas características que en su lanzamiento, permaneciendo entre los instrumentos rotatorios de NiTi más populares.

Las limas ProFile® se obtienen mediante el torneado de tres surcos paralelos sobre una alambre de NiTi. Las superficies del alambre entre los surcos no se afilan, de manera que la sección del instrumento tenga un diseño descrito como "triple U", con unas hojas de corte caracterizadas por ser superficies planas llamadas "radial lands"[85]. La principal consecuencia de este particular diseño de las hojas cortantes es

una reducción del núcleo central del instrumento lo que conlleva a una fragilidad estructural bajo condiciones de estrés torsionales, como podría ser la conformación de largos conductos calcificados o como resultado una aplicación excesiva de fuerza [86,87]. Para evitar estos inconvenientes, las compañías responsables de su fabricación (Maillefer y Tulsa Dental) han decidido abordar este problema desde tres frentes diferentes

1) La producción de instrumentos con una mayor conicidad permite aumentar la masa total del instrumento en su sección, y por lo tanto, un aumento de la r esistencia a la torsión.

2) La introducción de piezas de mano con control de torque que permita la prevención de utilizar instrumentos aplicando un exceso de fuerza manual.

3) La utilización de una secuencia de instrumentos que permita reducir la superficie de contacto y por tanto la fricción de las hojas cortantes con las paredes dentinarias.

De todas maneras, el diseño en "triple U" de este sistema con la consiguiente reducción de la masa del instrumento también tiene un efecto positivo, representado por una aumento de la flexibilidad, lo que también puede ser particularmente útil en presencia de estrés torsional[88].

2.6 Lima de pasaje o permeabilidad.

2.6.1 Concepto de lima de permeabilidad.

La Asociación Americana de Endodoncia[89] define permeabilidad apical como la técnica que mantiene la porción apical del conducto libre del acúmulo de detritus mediante la recapitulación de una lima de pequeño calibre a través del foramen apical. Esta lima debe pasar de manera pasiva y sin precurvarse 1 milímetro a través del foramen mayor.

Básicamente las razones de mantener la permeabilidad apical durante la instrumentación, sobretodo en casos necróticos, son razones mecánicas y biológicas. Desde un punto de vista mecánico, además de para una adecuada limpieza y desinfección de la parte más apical del conducto[78], el mantenimiento de la permeabilidad apical tiene como función prevenir la acumulación de detritus y tejido blando en el tercio apical del conducto, lo que disminuye la aparición de errores asociados a la instrumentación como bloqueos, transportes, formación de escalones o perforaciones[14]. Biológicamente hablando es una técnica que permite mantener la longitud de trabajo, facilita la irrigación y ayuda a la remoción bacteriana en el tercio apical[15,78,90]. Incluso en dientes con pulpa necrótica la lima de permeabilidad puede ayudar a remover bacterias presentes alrededor del foramen apical[78].

No existe una razón para llevar la lima más allá de los confines del conducto, sino que simplemente alcanzando el final del conducto sería suficiente para obtener los efectos esperados de una lima de pasaje. Sin embargo, debido a la dificultad a la hora de localizar de forma precisa el final del conducto clínicamente, en muchos casos puede ser que la lima de atraviese el foramen apical, siendo muy improbable que produzca daños mecánicos a la lesión periapical puesto que se trata de instrumentos muy pequeños. Por otro lado en sistemas de conductos ya infectados, la lima de pasaje teóricamente puede llevar microorganismos hacia los tejidos periapicales[78], aunque haya estudios que demuestren que el hipoclorito presente en el conducto después de irrigar es suficiente para acabar con las bacterias que podrían infectar la lima[91].

2.6.2 Extrusión de detritus asociados a la lima de pasaje y posibles consecuencias.

El uso de esta técnica se encuentra en controversia debido a los posibles efectos dañinos como la extrusión de detritus a través del foramen o lesión del teijdos periapicales[92,93].

La acumulación y compactación de chips dentinarios y restos de detritus de manera accidental en la porción apical del conducto e ir formando un tapón dentinario produciendo un bloqueo del foramen apical[94] con la consiguiente pérdida de la LT y

posible afectación de la curación a causa de los microorganismo residuales que hayan podido quedar remanentes[95]. Es por ello que el objetivo mecánico de la permeabilidad apical es mantener la porción apical libre de detritus[96].

A pesar de mantener un estricto control de la LT durante el tratamiento de conductos existe siempre el riesgo de extrusión de estos detritus, material de obturación o irrigantes más allá del foramen apical[97].

Se ha demostrado que el riesgo de dolor postoperatorio durante el tratamiento de casos infectados es mayor en casos de sobre-instrumentación a causa de la extrusión de estos detritus infectados[98] además del trauma mecánico provocado por los instrumentos. En todos los estudios in vitro la gran mayoría de especímenes mostraron una gran cantidad de material extruido. No así en el único estudio in vivo de este tema[56] , lo que puede ser atribuible a que los tejidos periapicales sirven de barrera previniendo esta extrusión de detritus[95]. Esto podría tener un interés desde el punto de vista clínico dado que los pocos casos según Lambrianidis y cols.[97] donde la cantidad de detritus e hipoclorito de sodio sea sustancialmente mayor que la media podría representar situaciones en las que el paciente experimente síntomas de dolor agudo.

De todas maneras Lambrianidis y cols.[97] encuentran menor extrusión de detritus cuando se utiliza lima de pasaje, lo que en principio defendería su uso pues evitaría la extrusión de detritus infectados y posterior incidencia de dolor postoperatorio.

2.6.3 Dolor postoperatorio, transporte apical y daño a tejidos periapicales asociados a la utilización de lima de pasaje.

Existen grandes detractores de la utilización de la lima de permeabilidad como Holland y cols.[95] Goldberg y Masson[27] que advierten del posible daño a tejidos periapicales. Gutiérrez y cols.[33] además hablan de la posibilidad de crear un mayor dolor postoperatorio.

Sin embargo, González- Sánchez y cols.[99] compararon el transporte apical al mantener la permeabilidad apical con tres instrumentos diferentes, limas k#08, ensanchador#10 y espaciador digital XF. Tsesis[96] tampoco encuentra diferencias significativas en cuanto al grado de transporte apical cuando utiliza la lima de pasaje.

Asimismo autores como Arias[100] , Torabinejad[101] y Siqueira [102] defienden que no necesariamente el paso de una lima de pequeño calibre más allá del foramen desencadena un mayor dolor postoperatorio. Además estos autores defienden que mantener el conducto permeable es importante para evitar el acúmulo de detritus en la zona apical del conducto así como el transporte del mismo o la formación de escalones.

Con todo y con eso, el clínico debe ser cuidadoso con los efectos que el paso de una lima de mayor calibre puede tener tanto sobre el foramen como en los tejidos peri-radiculares[100], que van desde lesión de los mismos, hasta la destrucción del tope apical, extruyendo una gran cantidad de detritus al periápice[101,102].

En dientes con pulpas vitales algunos autores recomiendan que la instrumentación se lleve a cabo un milímetro más corta en un intento de preservar la vitalidad del tejido pulpar apical (ó "muñón pulpar"), dado que puede jugar un papel importante en la reparación del tejido perirradicular[78]. Algunos estudios demuestran que su conservación permite que ocurra un proceso de curación natural mediante la formación de un cierre apical por formación de tejido duro, incluso cuando existe un empaquetamiento de chips dentinarios contra el muñón pulpar[103,104] .

Sin embargo, otros estudios demuestran que no hay que descartar la curación por formación de tejido duro incluso después de la remoción mecánica del muñón pulpar a causa de una instrumentación a una LT adecuada o incluso más allá del foramen apical[95,105-107]. Esto último pone de manifiesto el potencial curativo del ligamento periodontal, probablemente consecuencia de una intensa actividad metabólica[78]. De hecho, estudios en perros demuestran que a la eliminación de este muñón le sigue el crecimiento hacia el interior del conducto de tejido peri-radicular, a veces incluso con deposición de un tejido cementoide sobre las paredes del conducto[108].

Por lo tanto, aunque el uso de limas de permeabilidad podría remover el muñón pulpar, desde un punto de vista biológico parece no ser relevante puesto que el ligamento periodontal parece ser el responsable de la reparación de los tejidos perirradiculares[78].

Es entonces cuando nos planteamos qué pasaría si en vez de una lima manual de pequeño calibre como recomienda la literatura utilizáramos una lima rotatoria como lima de pasaje. ¿Por qué no aprovecharnos de las ventajas que nos proporciona el NiTi? avalado ya de forma incuestionable por toda la literatura actual.

Por ello decidimos observar los cambios morfológicos en el foramen mayor tras utilzar la lima 13.02 del sistema PathFile®, la 10.02 del sistema Scout RaCe® y una lima manual K#10 como limas de pasaje.

2.7 Sistemas utilizados en el estudio 2 para realizar la Permeabilidad

2.7.1 Sistema rotatorio de Ni-Ti PathFile®

El sistema PathFile consta de tres limas de calibres 13, 16 y 19 respectivamente y una conicidad contínua de 0,02. Este sistema nace inicialmente con la idea de sustituir a las limas manuales con las que hasta el momento se establecía el glide path o vía de deslizamiento.

Si el diámetro de la sección del conducto es más pequeño que de la punta no activa del instrumento puede llevar a producir un fenómeno conocido como "taper lock" o enclavamiento[109,110] , especialmente en instrumentos con conicidades contínuas[111]. Este fenómeno puede llevar a una fractura por torsión del instrumento. Este riesgo se reduce mediante el ensanchamiento coronal[111,112] y con un preensanchamiento (preflaring) manual para establecer una correcta vía de deslizamiento previa al inicio de la instrumentación rotaria con limas de NiTi[113,114] .

2.7.1 Sistema rotatorio de Ni-Ti Scout-Race®

Las limas Scout Race (FKG) ScoutRace es una secuencia de tres instrumentos Race con conicidad .02 en los tamaños ISO 10, 15 y 20. Están diseñados para la preparación de conductos radiculares con curvaturas severas o en forma de S. Aparecieron en el mercado con el mismo objetivo que las PathFiles.

Ambos sistemas están compuestos por instrumentos de pequeño calibre con la misma conicidad que una lima K manual de acero inoxidable pero con la ventaja que aporta la instrumentación rotatoria y el uso de la aleación de Niquel-Titanio para su fabricación. No hemos encontrado ninguna referencia en la literatura acerca de la utilización de éstos instrumentos, originalmente creados para realizar el "glide-path", cuando son utilizados a modo de instrumento de permeabilidad. Por tanto, consideramos interesante comparar los efectos a nivel del foramen mayor de realizar una permeabilización rotatoria, respecto a la idea actual que recomienda hacerlo con limas manuales de pequeño calibre.

Esta tesis doctoral se configura como un estudio del transporte a nivel apical y se basa en la observación de la deformación del foramen mayor después del paso de instrumentos a través del mismo. Por un lado, cuando se produce una sobre-instrumentación con instrumentos rotatorios de Niquel-Titanio que a priori no deberían de producir deformación a nivel intra-conducto o que están diseñados para la preparación apical del conducto radicular. Por otro lado se observó la deformación cuando se utilizaron diferentes instrumentos de Ni-Ti para realizar la permeabilidad apical.

También se observó el comportamiento de cada instrumento al sobrepasar el foramen mayor, es decir, la capacidad de centrado de los mismos.

3. HIPÓTESIS DE TRABAJO

3. HIPÓTESIS DE TRABAJO.

3.1 Hipótesis nula (H0)

$H0_0$: No existirán diferencias estadísticamente significativas en cuanto a transporte apical se refiere al sobre-instrumentar con el sistema ProFile® y con el sistema S-Apex® en conductos mesio-vestibulares de primeros molares mandibulares.

$H0_1$: No existirán diferencias estadísticamente significativas en relación a la capacidad de centrado entre los conductos sobre-instrumentados con el sistema ProFile® y con el sistema S-Apex® en conductos mesio-vestibulares de primeros molares mandibulares.

$H0_2$: No existirán diferencias estadísticamente significativas en cuanto a transporte apical se refiere al utilizar las limas 13.02 del sistema PathFile®, 10.02 del sistema ScoutRace® y 10 K-Flex® en conductos mesio-vestibulares de primeros molares maxilares.

$H0_3$: No existirán diferencias estadísticamente significativas en relación a la capacidad de centrado de los instrumentos al utilizar las limas 13.02 del sistema PathFile®, 10.02 del sistema ScoutRace® y 10 K-Flex® en conductos mesio-vestibulares de primeros molares maxilares.

$H0_4$: No existirán diferencias estadísticamente significativas entre el área inicial y final al utilizar las limas 13.02 del sistema PathFile®, 10.02 del sistema ScoutRace® y 10 K-Flex® en conductos mesio-vestibulares de primeros molares maxilares.

$H0_5$: No existirán diferencias estadísticamente significativas entre el perímetro inicial y el final al utilizar las limas 13.02 del sistema PathFile®, 10.02 del sistema ScoutRace® y 10 K-Flex® en conductos mesio-vestibulares de primeros molares maxilares.

3.2 Hipótesis alternativa (H1)

$H1_0$: Existirán diferencias estadísticamente significativas en cuanto a transporte apical producido al sobre-intrumentar con el sistema ProFile® y con el sistema S-Apex® en conductos mesio-vestibulares de primeros molares mandibulares.

$H1_1$: Existirán diferencias estadísticamente significativas en relación a la capacidad de centrado entre los conductos sobre-instrumentados con el sistema ProFile® y con el sistema S-Apex® en conductos mesio-vestibulares de primeros molares mandibulares.

$H1_2$: Existirán diferencias estadísticamente significativas en cuanto a transporte apical se refiere al al utilizar las limas PathFile® 13.02, ScoutRace® 10.02 en comparación a la lima K-Flex®#10 en conductos mesio-vestibulares de primeros molares maxilares.

$H1_3$: Existirán diferencias estadísticamente significativas en relación a la capacidad de centrado de los instrumentos al utilizar las limas PathFile® 13.02, ScoutRace® 10.02 en comparación a la lima K-Flex®#10 en conductos mesio-vestibulares de primeros molares maxilares.

$H1_4$: Existirán diferencias estadísticamente significativas entre el área inicial y final al utilizar las limas 13.02 del sistema PathFile®, 10.02 del sistema ScoutRace® y 10 K-Flex® en conductos mesio-vestibulares de primeros molares maxilares.

$H1_5$: Existirán diferencias estadísticamente significativas entre el área inicial y final al utilizar las limas 13.02 del sistema PathFile®, 10.02 del sistema ScoutRace® y 10 K-Flex® en conductos mesio-vestibulares de primeros molares maxilares.

4. OBJETIVOS

4. OBJETIVOS.

4.1 Objetivos generales

1. Evaluar y comparar in vitro, los cambio morfológicos sobre el foramen mayor producidos al realizar una sobre-instrumentación de un milímetro más allá de la longitud de trabajo con los sistemas rotatorios de Ni-Ti ProFile® y S-Apex®.

2. Evaluar y comparar in vitro, los cambio morfológicos sobre el foramen mayor producidos al utilizar los sistemas PathFile®, ScoutRace® y K-Flex® como limas de permeabilidad.

4.2 Objetivos específicos

1. Evaluar si hay diferencias en la cantidad de deformación producida en el eje vestíbulo-lingual al sobre-instrumentar un milímetro más allá de la longitud de trabajo con los sistemas sistemas rotatorios de Ni-Ti ProFile® y S-Apex®.

2. Evaluar si hay diferencias en la cantidad de deformación producida en el eje mesio-distal al sobre-instrumentar un milímetro más allá de la longitud de trabajo con los sistemas sistemas rotatorios de Ni-Ti ProFile® y S-Apex®.

3. Evaluar si hay diferencias en la capacidad de centrado de los sistemas rotatorios de Ni-Ti ProFile® y S-Apex®. en el eje vestíbulo-lingual al sobre-instrumentar un milímetro más allá de la longitud de trabajo.

4. Evaluar si hay diferencias en la capacidad de centrado de los sistemas rotatorios de Ni-Ti ProFile® y S-Apex®. en el eje mesio distal al sobre-instrumentar un milímetro más allá de la longitud de trabajo.

5. Evaluar si hay diferencias en el transporte apical en el eje vestíbulo-palatino al utilizar los instrumentos 13.02 del sistema PathFile®, 10.02 del sistema ScoutRace® y 10K-Flex® como lima de permeabilidad.

6. Evaluar si hay diferencias en el transporte apical en el eje mesio-distal al utilizar los instrumentos 13.02 del sistema PathFile®, 10.02 del sistema ScoutRace® y 10K-Flex® como lima de permeabilidad.

7. Evaluar si hay diferencias en la capacidad de centrado en el eje vestíbulo-palatino al utilizar los instrumentos 13.02 del sistema PathFile®, 10.02 del sistema ScoutRace® y 10K-Flex® como lima de permebilidad.

8. Evaluar si hay diferencias en la capacidad de centrado en el eje mesio-distal al utilizar los instrumentos 13.02 del sistema PathFile®, 10.02 del sistema ScoutRace® y 10K-Flex® como lima de permebilidad.

9. Evaluar si hay diferencias en el perímetro final del foramen respecto al perímetro inicial, calculado antes de permeabilizar, al utilizar los instrumentos 13.02 del sistema PathFile®, 10.02 del sistema ScoutRace® y 10K-Flex® como lima de permebilidad.

10. Evaluar si hay diferencias en el área final respecto al área inicial, calculada antes de permeabilizar, al utilizar los instrumentos 13.02 del sistema PathFile®, 10.02 del sistema ScoutRace® y 10K-Flex® como lima de permebilidad.

11. Evaluar si hay diferencias en el perímetro final respecto al perímetro inicial, calculado antes de permeabilizar, al utilizar los instrumentos 13.02 del sistema PathFile®, 10.02 del sistema ScoutRace® y 10K-Flex® como lima de permebilidad.

12. Evaluar la presencia de micro-cracks en la superficie apical radicular después de realizar la permeabilidad rotatoria.

5. MATERIAL Y MÉTODO

5. MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología de ésta tesis doctoral y que lleva el código de estudio END-EL-2012-02, reuniendo los criterios desde el punto de vista ético exigidos, fue aprobada por el CER de la Universidad Internacional de Catalunya el 10 de abril del año 2015.

5.1 Selección y preparación de la muestra

Para la realización de éste estudio se recolectó una muestra total de ochenta y cuatro primeros molares, distribuidos de la siguiente forma: veintinueve primeros molares mandibulares y cincuenta y cinco primeros molares maxilares. Todas las muestras fueron extraídas y recogidas por un solo operador en el Centro de Atención Primaria Antón Borja de la provincia de Barcelona y colocadas en suero fisiológico con 2ml de NaOCl justo después de las exodoncias. Todas las muestras pertenecían a los excedentes de extracciones de dicho centro.

Todas las muestras seguían los siguientes criterios de inclusión: ápices completamente formados, ausencia de lesiones reabsortivas tanto internas como externas, caries radiculares, curvaturas abruptas, fisuras en su superficies o presencia de tratamiento de conductos previo. Además sólo se seleccionaron molares con conductos mesio-vestibulares cuya anatomía en el tercio apical acabara en un foramen apical independiente.

Todos los dientes de la muestra fueron tratados en su superficie con ayuda de una punta de higiene acoplada a un ultrasonido (Satelec® Acteon®, Niort France) para eliminar restos de la extracción del tercio coronal y medio, sin tocar la porción apical. Posteriormente se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 4,2% (Lejia Conejo® Henkel Ibérica®, Barcelona, España) sumergiéndolos durante 2 horas, se lavaron con agua destilada y fueron inmersos en solución salina al 0,9% para su posterior almacenamiento de manera individual a temperatura ambiente.

Con un disco de carbono acoplado a una pieza de mano se realizó la eliminación de las coronas de los molares para conseguir una estandarización de la longitud de las

muestras a 18mm. Además de éste modo se conseguía una superficie plana axial al eje principal del diente y un punto de referencia reproducible para la posterior instrumentación. Posteriormente se realizaron las aperturas camerales con una fresa redonda diamantada refrigerada por agua a alta velocidad.

Figura 1: Decoronación a 18mm para asegurarnos de la estandarización de la muestra.

En este punto de la metodología se realizó un nuevo cribaje de la muestra, pues sólo se seleccionaron los molares que permitieran la colocación de una lima K♯06 hasta el foramen mayor pero no permitiese la introducción de manera pasiva de un lima K♯15 a un milímetro del foramen mayor.

La muestra definitiva que utilizamos para la realización de este estudio y después descartar las muestras no válidas fue de sesenta y siete molares, distribuidos de la siguiente manera: veintidós primeros molares mandibulares y quince primeros molares maxilares. Los primeros molares mandibulares fueron utilizados para la realización del primer estudio y los molares mandibulares fueron utilizados para la realización del segundo estudio.

Puesto que valoramos variables cuantitativas, realizamos el cálculo del tamaño de la muestra basándonos en la fórmula 8 x SD prevista / (Diferencia mínima de medias)^2. El resultado fue de 11 conductos para el primer estudio teniendo en cuenta que la

desviación estándar esperada era de 0,22 milímetros y considerábamos significativa una diferencia de medias de 0,4. Respecto al segundo estudio, asumiendo que la desviación estándar esperada era de 0,18 milímetros y tomamos como significativa una diferencia de medias de 0,3, el tamaño de muestra resultanate fue de 15.

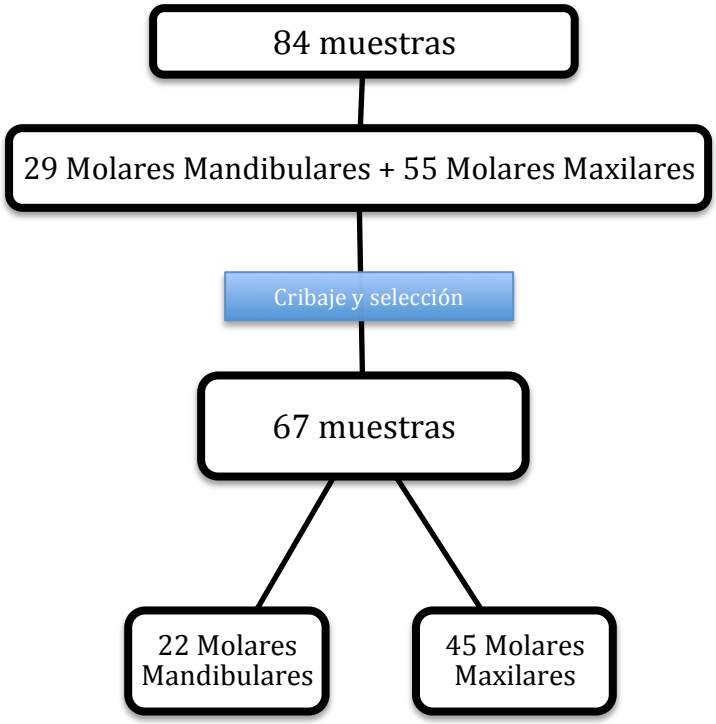

Tabla1: Distribución de las muestras.

La longitud de trabajo se estableció con una lima K♯06 (Dentsply Maillefer® Ballaigues, Suiza) siguiendo la metodología descrita por González y cols.[34,99] y Hu y cols.[115], mediante la introducción de la lima en cada conducto hasta que la punta de la misma se hacía visible a través del foramen mayor bajo magnificación e iluminación directa, con la ayuda de un estereomicoscopio Olympus® a 20 aumentos. A esa longitud, se le restó 0,5 mm, lo que nos permitió obtener la longitud de trabajo final de cada conducto.

Todos los conductos de la muestra se repartieron en dos grupos de la siguiente manera:

1.) 22 Primeros Molares Mandibulares: se utilizaron para la realización del estudio 1. Los veintidós molares se distribuyeron equitativamente en dos grupos (n=11) de forma aleatoria. El Grupo A fue instrumentado con el sistema Profile ® (Dentsply Maillefer® Ballaigues, Suiza) y el Grupo B fue instrumentado con el sistema S-Apex® (FKG Dentaire® La Chaux-de-Fonds, Suiza)

2.) 45 Primeros Molares Maxilares: Se utilizaron para la realización del estudio 2. Los cuarenta y cinco molares maxilares se distribuyeron equitativamente en tres grupos (n=15) de forma aleatoria. El Grupo A fue permeabilizado con limas-K de acero inoxidable (Dentsply Maillefer® Ballaigues, Suiza), el Grupo B fue permeabilizado con el sistema PathFile® (Dentsply Maillefer® Ballaigues, Suiza) y el Grupo C fue permeabilizado con el sistema Scout Race® (FKG Dentaire® La Chaux-de-Fonds, Suiza)

Para que hubiese una distribución equitativa de los ángulos y radios de curvatura de cada conducto en cada uno de los estudios (Molares Maxilares y Molares Mandibulares) y en cada uno de los grupos se estudio el ángulo y radio de curvatura. Ámbos fueron determinados con radiografías periapicales siguiendo la metodología descrita por Pruett y cols.[116]. Para ello se realizaron dos posicionadores de silicona (Optosil®) individualizados para cada muestra, en los que se colocaban la muestra en posición paralela al captador de rayos-X (visión vestibular de la muestra) y perpendicular a la misma (Visión mesial de la muestra). Con una lima K#08 se tomó una radiovisiografía (Kodak RVG 6100; Kodak, Rochester, NY, USA) en cada una de las visiones (orto-radial y mesio-radial). Las radiografías fueron exportadas al programa informático Autocad® (Autodesk Inc, San Rafael , Ca, USA) y el ángulo y radio de curvatura de cada raíz fueron medidos.

Figura 2: a) Posicionadores de silicona individualizados. b) Posicionador para asegurar la correcta paralelización del cono respecto al captador.

La media de los valores en las muestras utilizadas en el estudio 1 respecto al ángulo de curvatura fueron de 30º+/- 7,19º en el grupo A (ProFile®) y de 26,63º +/- 9,57º en el grupo B (S-Ápex®). La media de los valores del radio de curvatura los valores fueron 3,15mm+/-0,89mm y 4,61mm+/-2,32mm, respectivamente. Además se realizó un análisis estadístico de estos valores mediante un t-student que demostró que no existían diferencias significativas entre ambos grupos ($p < 0,05$).

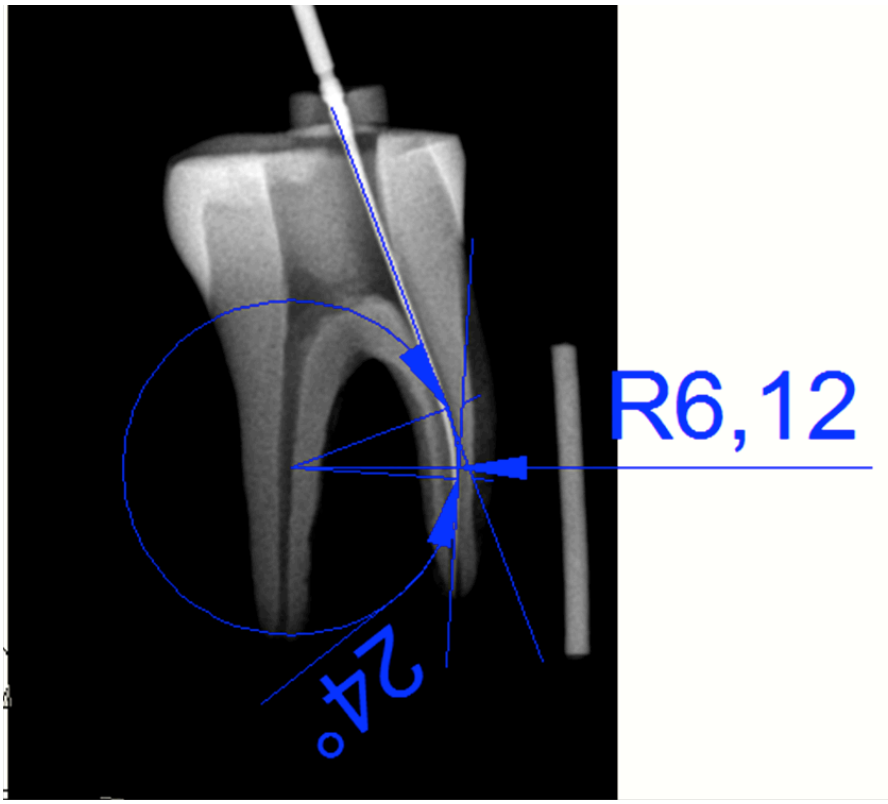

Figura 3: Ejemplo de medida de ángulo y radio de curvatura según Pruett.

La media de los valores en las muestras utilizadas en el estudio 2 respecto al ángulo de curvatura fueron de 38º+/-8,17º en el grupo A (K-File Acero Inoxidable), de 35,13º +/- 7,49º en el grupo B (PathFile®) y de 36,7º +/- 9,6º en el grupo C (ScoutRace®). La media de los valores del radio de curvatura los valores fueron 8,19mm +/- 1,5mm, 7,69 mm +/- 1,69mm y 8,21mm +/- 1,90mm, respectivamente. El análisis estadístico demostró que no existían diferencias significativas entre ambos grupos ($p < 0,05$)

5.2 Preparación del modelo e instrumentación del conducto radicular.

En cada muestra se dibujó una marca en el ápice con un rotulador indeleble en la superficie, cercana al foramen mayor y visible a través del estéreo-microscopio. Cada muestra fue colocada con la porción coronal embebida en un bloque se silicona (Optosil P Plus® Heraeus Kulzer, Hanau, Germany) dejando visible la porción apical de la raíz. Cada diente tenía su propio posicionador y servían para mantener el foramen apical siempre en la misma posición respecto al estéreo-microscopio; permitiendo reposicionar el diente y obtener imágenes post-instrumentación exactamente en la misma posición que la inicial, siguiendo la metodología utilizada por González y cols.[34,99] y Hu y cols.[115].

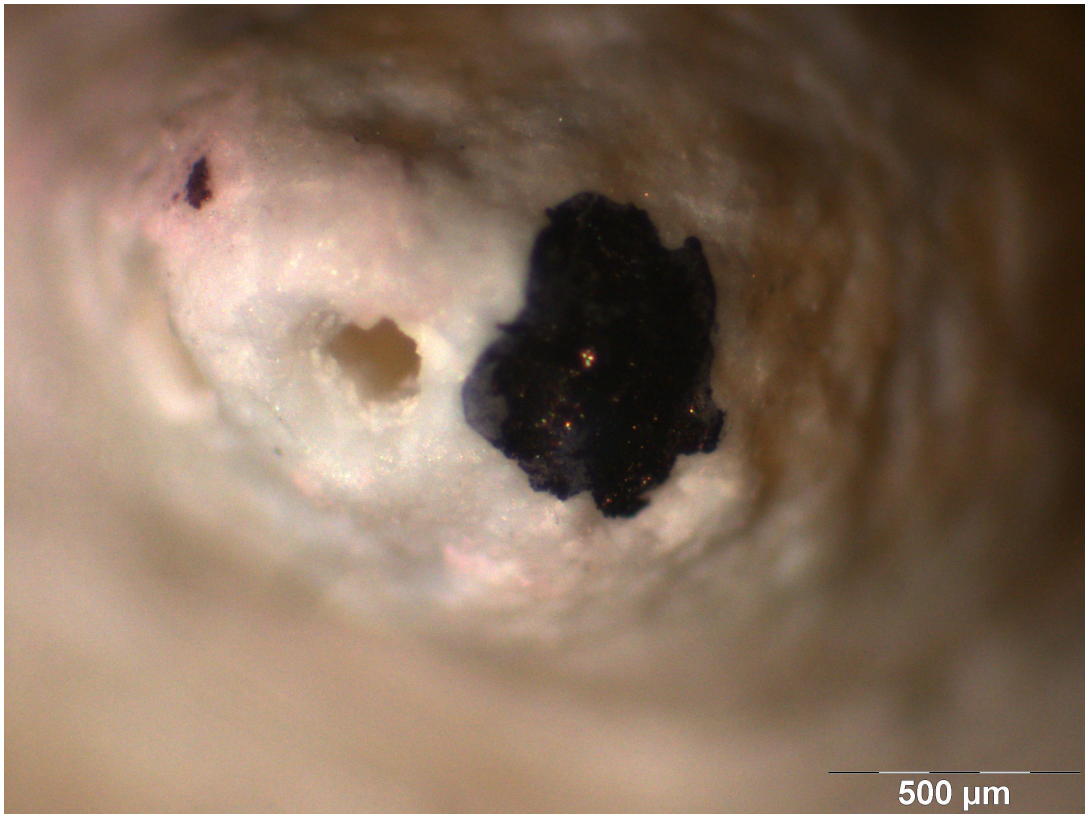

Figura 4: Marca con rotulador indeleble cercana al foramen mayor a estudiar. Primera fotografía inicial obtenida con el estereomicroscopio.

Cada bloque de silicona se adaptaba con precisión sobre una placa acrílica que se colocaba bajo el estereomicroscopio Olympus® y quedaba fijada al mismo, para permitir la exacta reproducción del foramen mayor tras el paso de cada lima en la fase de instrumentación. Cada muestra se iluminó y colocó bajo la magnificación del estéreo-microscopio de manera que el foramen mayor quedaba paralelo a la lente del

objetivo del mismo, permitiendo así su completa visualización. Entonces, se efectuó una fotografía del foramen mayor a una magnificación de 20X utilizando un cámara de 35mm acoplada al estereomicroscopio (F01). En dicha fotografía se registraron de manera digital cuáles eran las caras mesial, distal, vestibular y palatina de cada raíz.

Figura 5: Posicionador de silicona para asegurarnos de la correcta reposición del foramen respecto al estereomicroscopio después

Una vez preparadas todas las muestras con sus respectivos posicionadores se procedió a realizar la fase de instrumentación. Todos los instrumentos se utilizaron con la ayuda de una pieza de mano con reducción 16:1 (Sirona®, Munich, Alemania) asociada a un motor eléctrico de endodoncia con control de velocidad y torque (SilverVDW®, Munich, Alemania). La instrumentación fue llevada a cabo por un solo operador siguiendo las instrucciones del fabricante para cada instrumento.

ESTUDIO 1:

La velocidad utilizada en las limas ProFile® fue de 300 rpm, las S-Apex se utilizaron a 600rpm, siguiendo las recomendaciones establecidas por los fabricantes. En ambos grupos se creó una vía de deslizamiento hasta una lima K#15 a longitud de trabajo antes de proceder a instrumentar con cualquier lima rotatoria. Los tercios coronal y medio de cada conducto se conformaron para evitar interferencias coronales con la siguiente secuencia de limas ProFile®: ProFile #40.04, #35.06 y #30.06. Posteriormente se utilizó una lima de calibre 10 K-Flex de acero inoxidable (Kerr, Turín, Italia) como lima de permeabilidad.

Grupo A: ProFile® (n=11)

La instrumentación fue realizada a Longitud de Trabajo + 1 mm (sobre-instrumentación de 1mm) con la siguiente secuencia de instrumentos: ProFile® #15.04, Profile® #20.04 y ProFile® #25.04.

Grupo B: S-Apex® (n=11)

La instrumentación se sobre-extendió 1mm más allá de la Longitud de Trabajo con los instrumentos : S-Apex® #15, S-Apex®#20 y S-Apex®#25.

En ambos grupos cada conducto fue irrigado con una solución de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 4,2% tras el paso de cada instrumento durante la fase de instrumentación utilizando una jeringa de plástico de 10ml y una aguja de calibre 27G (Hawe Max-I-probe; Hawe Neos, Bioggio, Switzerland). Cada instrumento fue utilizado para la instrumentación de tres muestras (tres conductos). Dos limas Profile® 20.04 y una lima 25.04 fueron descartadas durante el estudio por presentar signos de deformación en su superficie tras su utilización. Ningún instrumento S-Apex® tuvo que ser descartado por presentar deformaciones. No hubo fractura de ninguno de los instrumentos utilizados.

Figura 6: Sistema de limas S-Apex (FKG Dentaire® La Chaux-de-Fonds, Suiza)

Después de la utilización de cada instrumento rotatorio utilizado para la sobre-instrumentación se tomó una fotografía del foramen mayor (F02, F02 y F04) siguiendo el mismo método utilizado en la fotografía pre-instrumentación (F01) con ayuda del posicionador de silicona. La superficie radicular fue lavada y secada cuidadosamente después de cada instrumento y antes de realizar la fotografía para eliminar los restos de dentina y barrillo que pudieran quedar en el foramen mayor.

	Grupo Profile	**Grupo S-Apex**	Fotografía
			F01
Instrumentación Manual a LT	K-Flex#10 + K-Flex#15		
Preparación tercios Coronal y Medio	ProFile® #40.04, #35.06 y #30.06		
Permeabilidad	Lima K#10		
Sobre-instrumentación +1mm LT	ProFile® #15.04	S-Apex®#15	F02
	ProFile® #20.04	S-Apex®#20	F03
	Profile® #25.04	S-Apex®#25	F04

Tabla 2: Secuencia de instrumentos y toma de fotografías en Estudio 1.

Todas las fotografías fueron transferidas al programa informático Adobe PhotoShop (Adobe Systems, Inc, San Jose, Ca, USA) para marcar el perímetro del foramen mayor. La secuencia de colores utilizada para marcar el contorno de foramen mayor fue la siguiente: Foramen Inicial=verde , después de la utilización de la lima Profile 15.04 en blanco, después de la Profile 20.04 en amarillo, después de la Profile 25.04 en rojo , después de la S-Apex 15 en blanco, después de la S-Apex 20 en amarillo y después de la S-Apex 25 en rojo. Además se utilizó el PhotoShop para transparentar al 50% cada imagen post-instrumentación y para superponer en cada muestra cada

fotografía post-instrumentación (F02, F03 o F04) con la fotografía pre-instrumentación (F01) [117]. La precisión en la superposición fue conseguida mediante la marca que había sido realizada en la superficie apical, lo que permitía la perfecta superposición de ambas imágenes[115].

Cada imagen superpuesta (formada por F01+F02, F01+F03 ó F01+F04) fue transferida al programa informático AutoCad (Autodesk Incorporated) y se calculó el centro de gravedad (CG) de cada foramen [118].

El centro de gravedad es el punto de aplicación de la resultante de todas las fuerzas de gravedad que actúan sobre las distintas porciones materiales de un cuerpo, de tal forma que el momento respecto a cualquier punto de esta resultante aplicada en el centro de gravedad es el mismo que el producido por los pesos de todas las masas materiales que constituyen dicho cuerpo. Es decir, el CG es la localización media de todas las masas en un sistema cerrado[119].

ESTUDIO 2:

Para el estudio 2 se utilizaron 45 muestras. La velocidad utilizada en las limas PathFile® fue de 300 rpm, las ScoutRace® se utilizaron a 600rpm, siguiendo las recomendaciones establecidas por los fabricantes.

La permeabilidad manual en el grupo de K-File se realizó haciendo pasar la lima manual de forma pasiva sin realizar movimientos de rotación.

Los instrumentos utilizados para realizar la permeabilidad rotatoria fueron utilizados de acuerdo a la técnica descrita por Buchanan[15] para realizar la permeabilidad manual, es decir haciéndolas pasar a través del foramen mayor de forma pasiva.

Grupo A: PathFile® (n=15)

Se realizó una instrumentación manual hasta la longitud de trabajo con las limas K-Flex de acero inoxidable k#10 y k# 15. Posteriormente se realizó la permeabilidad

con la lima rotatoria de NiTi 13.02 del sistema PathFile® (Dentsply Maillefer® Ballaigues, Suiza), introduciéndola un milímetro más allá de la longitud de trabajo, es decir, 0.5mm mas allá del foramen mayor.

Grupo B : Lima K#10 Acero Inoxidable (n=15)

Se realizó una instrumentación manual hasta la longitud de trabajo con las limas K-flex de acero inoxidable k#10 y k#15. Posteriormente se realizó la permeabilidad manual con la lima K#10 Acero Inoxidable (Dentsply Maillefer® Baillagues, Suiza), introduciéndola un milímetro más allá de la longitud de trabajo, es decir, 0.5mm mas allá del foramen mayor.

Grupo C : Lima Scout Race 10.02 (n=15)

Se realizó una instrumentación manual hasta la longitud de trabajo con las limas K-flex de acero inoxidable k#10 y k#15. Posteriormente se realizó la permeabilidad rotatoria con la lima ScoutRace 10.02 (FKG Dentaire® La Chaux-de-Fonds, Suiza), introduciéndola un milímetro más allá de la longitud de trabajo, es decir, 0.5mm mas allá del foramen mayor.

El foramen mayor se fotografió después del paso de cada instrumento utilizado para realizar la permeabilidad (F02). Todas las muestras fueron colocadas en posicionadores de siliconas al igual que en el estudio 1. El procesamiento de las imágenes fue realizado de igual manera que en el estudio 1.

Tanto para el estudio 1 como el estudio 2, con las imágenes superpuestas y con el centro de gravedad calculado se procedió al análisis de las imágenes en Autocad®.

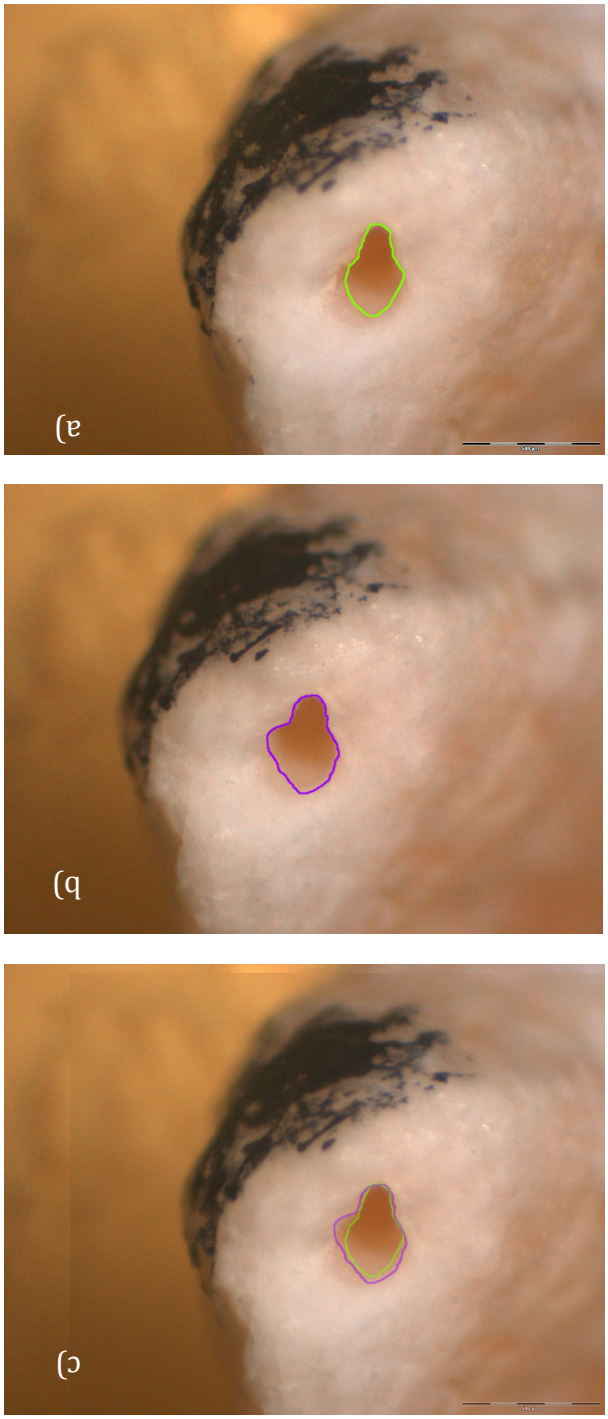

Figura 7: Muestra 12 permeabilizada con el sistema PathFile. a) Trazado de la posición inicial del foramen mayor (en verde). b) Trazado de la posición del foramen mayor después de permeabilizar (en violeta). c) Superposición de ambas imágenes con el programa Photoshop.

5.3 Análisis de las imágenes

En cada una de las muestras se analizaron los siguientes parámetros en AutoCad, para comprobar la deformación producida por los instrumentos:

TRANSPORTE APICAL

El transporte del foramen mayor después de la instrumentación/permeabilidad se midió de acuerdo con el método descrito por Yang y cols. [120]. El transporte se midió en dos direcciones: Eje Mesio-Distal (M-D) y Eje Vestibulo-Lingual (V-L). El transporte en cada eje se calculó midiendo la diferencia: T´-T´´, siendo T´ la distancia en cada eje entre el centro de gravedad y el perímetro del foramen original y T´´ la distancia en el mismo eje y dirección entre el centro de gravedad y el perímetro después del uso de cada instrumento de estudio.

CAPACIDAD DE CENTRADO

Según Gambill y cols. [121] la media del radio de centrado indica la capacidad de los instrumentos de permanecer centrados el interior del conducto. La capacidad de centrado se calculó con el cociente entre T'/T'' ó T''/T' para cada uno de los ejes estudiados. Un resultado de "1" indicaría perfecta capacidad de centrado, siendo los peores datos de centrados los mas cercanos al "0". Ambos parámetros se analizaron en dos ejes: vestíbulo-lingual y mesio-distal.

ÁREA Y PERÍMETRO

Al igual que en el trabajo de Hu y cols.[115] se registraron los valores de área del trazado inicial y final del foramen así como los del perímetro inicial y final. Todo ello para intentar detectar cambios en la posición original del foramen antes y después de realizar la permeabilidad.

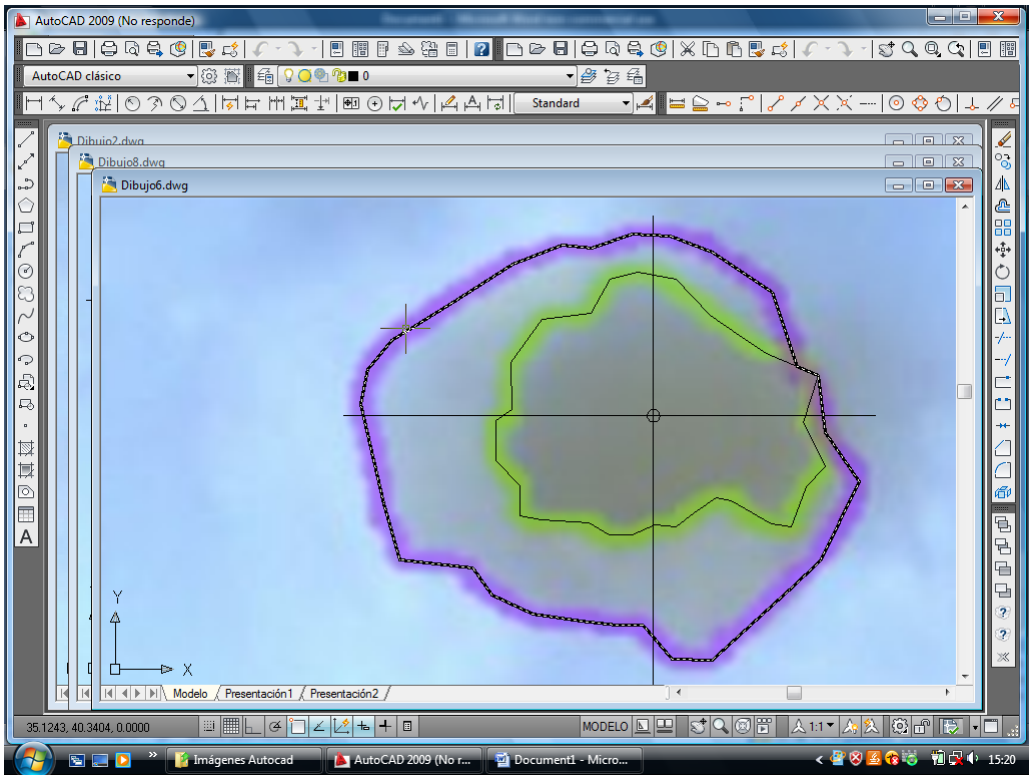

Figura 8: Captura de pantalla del análisis con AutoCad de las imágenes superpuestas perteneciente la muestra 9 del grupo K-Flex®. En verde se observa el trazado de la posición inical del foramen, mientras que el trazado violeta indica posición del foramen después de permeabilizar.

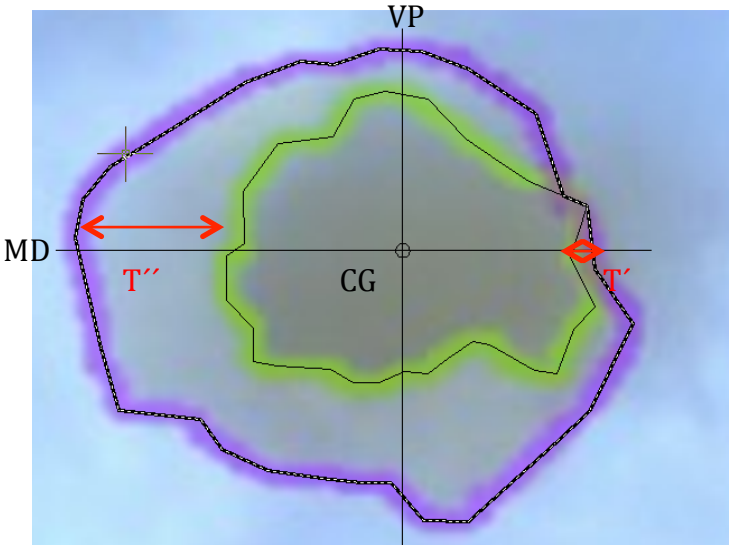

Figura 9: Detalle. CG: Centro de gravedad, MD: eje mesio-distal, VP: eje vestíbulo-palatino. Con las flechas de color rojo señalamos el transporte.

5.4 Análisis estadístico.

Para poder determinar la normalidad de la distribución de la muestra se efectuó un test de Kolmogorov-Smirnov con los valores obtenidos. Los valores referentes al transporte apical y a la capacidad de centrado se analizaron con una prueba T de Student en el primer estudio para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. Se consideraron diferencias significativas cuando $P < 0.05$

En el segundo estudio se realizó un test de Shapiro-Wilks para contrastar la normalidad en la muestra. Para analizar si había diferencias significativas entre los grupos del segundo estudio en la capacidad de centrado, la cantidad de deformación producidas, el área y el perímetro se realizó un estudio Anova Simple. Se consideraron diferencias significativas cuando $P < 0.05$.

6. RESULTADOS

6. Resultados

6.1 Estudio 1

6.1.1 Cantidad de deformación

Grupo Profile®

Las limas Profile 15.06, 20.06 y 25.06 produjeron de media una deformación de 56,58µm +/- 51,40µm, 62,64µm +/- 36,39µm y 65,61µm +/- 31,91µm respectivamente en el eje V-L y 22,15µm +/- 16,81µm, 25,48µm +/- 14,34µm y 28,07µm +/- 9,85µm en el eje M-D (Tabla 3).

Grupo S-Apex®

Las limas S-Apex #15, #20 y #25 produjeron de media una deformación de 13,74µm +/- 13,37µm, 18,0µm +/- 14,45µm y 24,01µm +/- 17,60µm respectivamente en el eje V-L y 22,26µm +/- 16,81µm, 35,41µm +/- 30,19µm y 45,53µm +/- 25,78µm en el eje M-D (Tabla3).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) con respecto al transporte apical en el eje Vestíbulo-Lingual entre la #15.06 ProFile® y #15 S-Apex®, entre #20.06 ProFile® y la lima #20 S-Apex® y entre #25.06 ProFile® y la #25 S-Apex® .

De entre todas las limas utilizadas el sistema ProFile produjo mayor transporte apical en el eje Vestíbulo-Lingual que el sistema S-Apex. La lima #25.06 obtuvo mayores valores de transporte apical que las limas 20.06 y 15.06. En el Eje M-D las limas S-Apex produjeron mayor deformación, pero no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las limas de ambos sistemas cuando se estudió el transporte apical en el eje mesiodistal ($p > 0,05$).

6.1.2 Capacidad de centrado.

Grupo Profile®

Las limas ProFile #15, #20 y #25 produjeron de media una capacidad de centrado 0,10µm +/- 0,13µm, 0,20µm +/- 0,14µm y 0,28µm +/- 0,11µm respectivamente en el eje V-L y 0,20µm +/- 0,21µm, 0,24µm +/- 0,18µm y 0,39µm +/- 0,30µm en el eje M-D.

Grupo S-Apex®

Las limas S-Apex #15, #20 y #25 produjeron de media una capacidad de centrado 0,54µm +/- 0,27µm, 0,39µm +/- 0,21µm y 0,36µm +/- 0,16µm respectivamente en el eje V-L y 0,34µm +/- 0,27µm, 0,35µm +/- 0,27µm y 0,32µm +/ 0,22µm en el eje M-D

	Cantidad de Deformación		**Capacidad de Centrado**	
Eje	**VP**	**MD**	**VP**	**MD**
ProFile				
15.06	56,58µm +/- 51,40µm	22,15µm +/- 16,81µm	0,10µm +/- 0,13µm	0,20µm +/- 0,21µm
20.06	62,64µm +/- 36,39µm	25,48µm +/- 14,34µm	0,20µm +/- 0,14µm	0,24µm +/- 0,18µm
25.06	65,61µm +/- 31,91µm	28,07µm +/- 9,85µm	0,28µm +/- 0,11µm	0,39µm +/- 0,30µm
S-Apex				
#15	13,74µm +/- 13,37µm	22,26µm +/- 16,81µm	0,54µm +/- 0,27µm	0,34µm +/- 0,27µm
#20	18,0µm +/- 14,45µm	35,41µm +/- 30,19µm	0,39µm +/- 0,21µm	0,35µm +/- 0,27µm
#25	24,01µm +/- 17,60µm	45,53 +/- 25,78µm	0,36µm +/- 0,16µm	0,32µm +/ 0,22µm

Tabla 3: Distribución de los valores de deformación y capacidad de centrado con sus respectivas desviaciones estándar.

Ninguna lima consiguió un valor igual o cercano a "1", por lo que ningún instrumento fue capaz de mantener el conducto centrado. Sin embargo el grupo de S-Apex consiguió mayores valores de centrado en ambos ejes.

No se apreciaron diferencias significativas entre los instrumentos de ambos grupos con respecto a la capacidad de centrado en ninguno de los dos ejes estudiados (vestíbulo-lingual y mesio-distal) ($p > 0,05$).

6.2 Estudio 2

6.2.1 Cantidad de deformación

La cantidad de deformación se midió para cada uno de los instrumentos utilizados como instrumentos de permeabilidad en los ejes Vestibulo-Palatino (V-P) y Mesio-Distal (M-D).

Grupo ScoutRace

La media de deformación en el eje Vestibulo-Palatino fue de 9,69µm +/- 16,32µm)y en el eje Mesio-Distal fue de 13,12µm +/- 20,82µm. La mayor deformación se produjo en el Eje M-D. Las muestras del grupo Scout Race son las que de media tuvieron un menor grado de deformación en ambos ejes.

Grupo K#10

La media de deformación en el eje Vestibulo-Palatino fue de 17,78µm +/- 18,53µm y en el eje Mesio-Distal fue de 15,25µm +/- 14,07µm. En el eje V-P fue donde se produjo la mayor cantidad de deformación.

Grupo Pathfile

La media de deformación en el eje Vestibulo-Palatino fue de 23,39µm +/- 19,29µm y en el eje Mesio-Distal fue de 14,29 µm. +/- 14,04µm En el eje V-P fue donde se registró una mayor cantidad de deformación de los tres grupos.

El grupo que produjo una mayor cantidad de deformación fue el de PathFile 13.02. El grupo que produjo una menor cantidad de deformación a nivel del foramen mayor en ambos ejes fue el grupo ScoutRace 10.02.

6.2.2 Capacidad de Centrado

Grupo ScoutRace

La capacidad de centrado después de la utilización de la lima ScoutRace 10.02 para realizar la permeabilidad apical fue de 0,091µm +/- 0,14µm en el eje V-P y de 0,10µm +/- 0,17µm para en el eje M-D. La capacidad de centrado en ambos ejes fueron muy similares (Tabla 4).

Grupo K#10

La capacidad de centrado después de la utilización de la lima K#10 fue de 0,04µm +/- 0,13µm en el eje V-P y de 0,11µm +/- 0,27µm para en el eje M-D. En el eje V-P fue donde se produjo la menor capacidad de centrado del instrumento (Tabla 4).

Grupo Pathfile

La capacidad de centrado después de la utilización de la lima PathFile 10.02 fue de 0,20µm +/- 0,25µm en el eje V-P y de 0,15µm +/- 0,24µm para en el eje M-D. La mayor capacidad de centrado de los tres grupos se registró en el eje M-D después de la utilización de la lima PathFile 13.02 (Tabla 4).

	Cantidad de defirmación		Capacidad de centrado		Área				Perímetro			
Eje	VP	MD	VP	MD	Iinicial	Final	Coc. F	p-valor	Inicial	Final	Coc. F	p-valor
Scout Race	9,69µm +/- 16,32µm	13,12µm +/- 20,82µm	0,091µm +/- 0,14µm	0,10µm +/- 0,17µm	68,44µm^2 +/- 49,41µm^2	79,42µm^2 +/- 50,36µm^2	0,34	0,56	31,24µm +/- 11,67µm	34,47µm +/- 11,52µm	0,52	0,47
Lima K#10	17,78µm +/- 18,53µm	15,25µm +/- 14,07µm	de 0,04µm +/- 0,13µm	0,11µm +/- 0,27µm	69,75µm^2 +/- 40,84µm^2	85,41µm^2+ /- 48,22µm^2	0,92	0,34	34,01µm +/- 10,17µm	39,72µm +/- 10,9µm	2,18	0,15
PathFile	23,39µm +/- 19,29µm	14,29µm. +/- 14,04µm	0,20µm +/- 0,25µm	0,15µm +/- 0,24µm	51,70µm^2 +/- 21,50µm^2	64,90µm^2 +/- 22,83µm^2	2,77	0,11	51,70µm +/- 21,50µm	31,40µm +/- 6,32µm	0,52	0,47

Tabla 4: Distribución de los valores de deformación, capacidad de centrado, área y perímetro del Estudio 2.

Ninguno de los grupos consiguió mantener centrado el conducto (valor=1). El grupo que obtuvo una mayor capacidad de centrado fue en el que se utilizó la lima Pathfile 13.02 para realizar la permeabilidad.

Para ver si había diferencias significativas y entre qué grupos, se realizó un Test Anova simple mediante un análisis de Kruskal Wallis. Para la cantidad de deformación se obtuvo un p-valor de 0,2862 en el eje M-D y de 0,4267 en el eje V-P. En la capacidad de centrado se obtuvo un p-valor de 0,0791 en el eje V-P y de 0,8454 en el eje M-D.

No se obtuvieron diferencias significativas en la capacidad de centrado o en la cantidad de deformación entre los tres grupos.

6.2.3. Área y perímetro.

Grupo Scout Race

Los valores del área, tanto inicial como final, fueron 68,44µm^2 +/- 49,41µm^2 y 79,42µm^2 +/- 50,36µm^2, respectivamente, mientras que para el perímetro obtuvimos unos valores de 31,24µm +/- 11,67µm para el perímetro inicial y 34,47µm +/- 11,52µm para el perímetro final.

Grupo K#10

El área inicial dio como resultado 69,75µm^2+/- 40,84µm^2 mientras que para el área final obtuvimos unos resultados de 85,41µm^2+/- 48,22µm^2. Respecto al perímetro inicial el valor correspondió a 34,01µm +/-10,17µm , mientras que el perímetro final dio un resultado de 39,72µm +/- 10,9µm.

Grupo Path File

Los valores del área, tanto inicial como final, fueron 51,70µm^2 +/- 21,50µm^2 y 64,90µm^2+/- 22,83µm^2, respectivamente, mientras que para el perímetro obtuvimos

unos valores de 28,02µm +/- 5,98µm para el perímetro inicial y 31,40µm +/-6,32µm para el perímetro final.

No se apreciaron diferencias estadíticamente significativas en ninguno de los tres grupos (Figuras 10 y 11) al comparar los datos obtenidos de área y perímetro iniciales con los de área y perímetro finales.

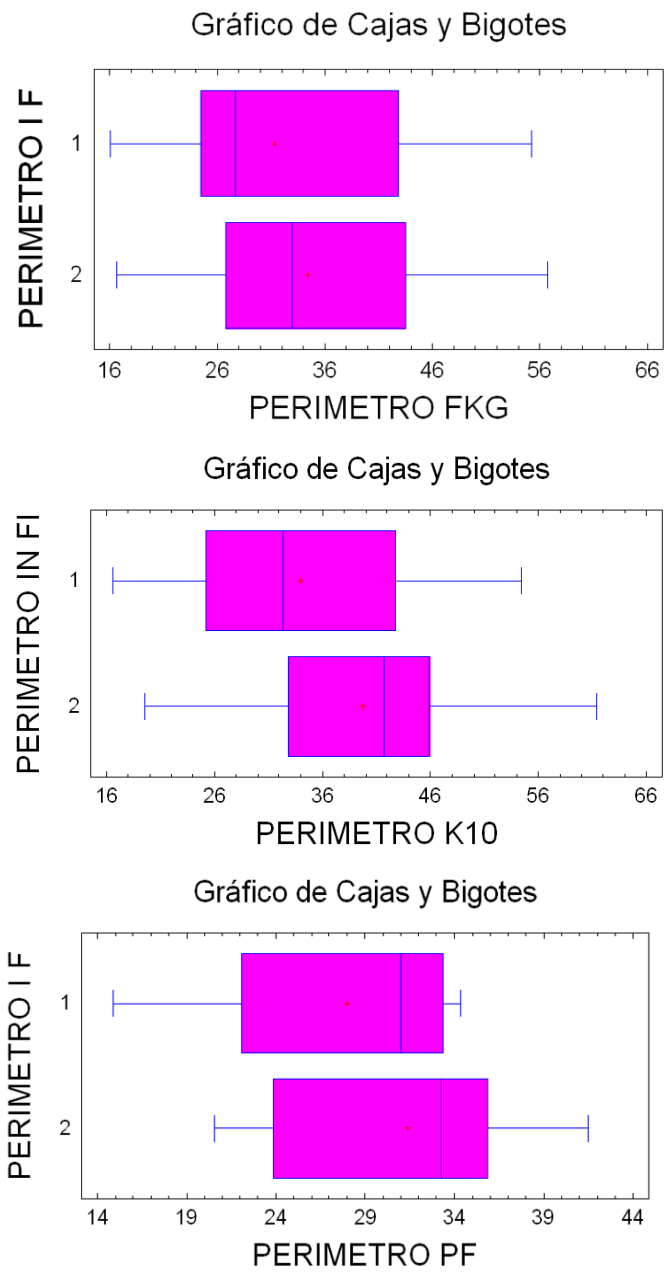

Figura 10: Gráficos de cajas y bigotes mostrando las diferencias no significativas entre perímetros iniciales y finales en los tres grupos

.

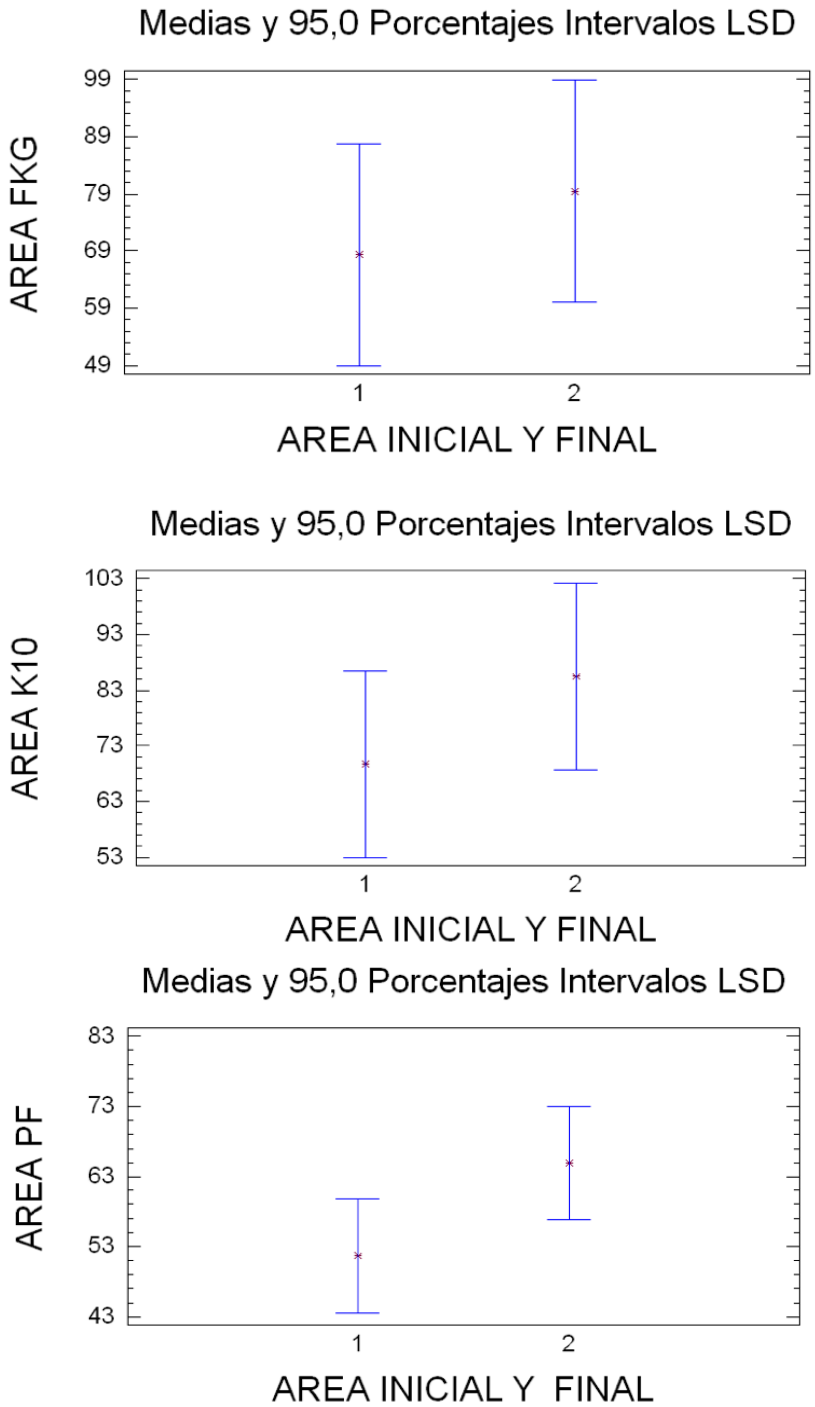

Figura 11: Interacción de medias correspondientes al área inicial y final del trazado del foramen mayor. Estudio 2.

7. DISCUSIÓN

7. DISCUSIÓN

El estudio de los efectos que los diferentes instrumentos pueden producir sobre el conducto radicular ha sido ampliamente estudiado en la literatura endodóntica[2,122,123], especialmente en los últimos años por la introducción de los nuevos sistemas rotatorios basados en el Niquel Titanio[26,84,124]. Sin embargo, encontramos muy escasa literatura publicada sobre los defectos que tal instrumentación puede producir sobre la zona de expiración del conducto radicular, es decir sobre el foramen mayor. Autores como González y cols.[34] y Hu y cols.[115] estudiaron la deformación al realizar una sobre-instrumentación con instrumentos de Niquel-Titanio, pero no analizaron el papel que instrumentos pensados para la porción apical o de baja conicidad podrían tener sobre la región mas apical.

Uno de los objetivos de esta tesis doctoral fue evaluar los cambios morfológicos en el foramen mayor después de sobre-instrumentar utilizando instrumentos rotatorios con superficies protectoras de apoyo o "Radial-Lands" (ProFile®) e instrumentos de conicidad invertida (S-Apex®) en conductos curvos de dientes humanos extraídos. El otro objetivo fue el de evaluar los efectos que la realización de una permeabilidad rotatoria tiene sobre el foramen mayor.

7.1 Selección de la Muestra

Este estudio "ex vivo"se llevó realizó sobre dientes extraídos en lugar de sobre bloques de resina. El modelo sobre bloques de resina ofrece un alto índice tanto de reproducibilidad como de estandarización del diseño experimental[125-127], pero no siempre resulta un fiel reflejo de la actuación de los instrumentos en el interior del sistema de conductos radiculares[128]. Algunos autores han expresado su preocupación en relación a la diferencia de dureza, textura superficial y sección entre dentina y los bloques de resina[129,130]. Además el calor generado por la fricción de los instrumentos contra las paredes dentinarias puede derretir la resina[131]. Además sabemos que el foramen mayor es una estructura anatómica, y por tanto no fija, que presenta conformaciones tanto ovales como circulares[52]. Por todo ello los estudios sobre

dientes extraídos, proporcionan condiciones que se asemejan a condiciones clínicas[132].

Estudios previos[122,133] se llevaron a cabo sobre dientes extraídos para asegurarse de que sus resultados fueran extrapolables. A pesar de las variaciones anatómicas de los dientes naturales, se realizó todo lo posible para asegurar la comparación entre grupos experimentales. Basándonos en las radiografías iniciales, todos los dientes de la muestra se distribuyeron de forma randomizada respecto al ángulo y radio de curvatura de los conductos. Para conseguir la total homegeneidad de la muestra se midió el ángulo y el radio de curvatura todos los especímenes mediante el método de Pruett[116]. El análisis estadístico determinó que no había diferencias significativas entre los grupos y que podemos hablar de normalidad en la muestra a analizar. En un estudio sobre deformación debemos de tener en cuenta tanto el ángulo como el radio de curvatura, ya que ambos factores influyen directamente en la cantidad de deformación que puede producir un instrumento en el conducto radicular[134].

Un método común según la literatura para el análisis del transporte apical es el uso de radiografías iniciales en una visión ortoradial (visión clínica vestibular) y proximal (mesio-distal). Sin embargo, esta evaluación radiográfica permite el análisis del conducto radicular sólo en dos dimensiones[121]. La técnica radiográfica no permite la observación del transporte del foramen mayor[135]. Otra técnica mas reciente utilizada para la evaluación del transporte intra-conducto es la utilización de la Tomografía Computerizada de haz Cónico (TCHC), sin embargo, bajo nuestro punto de vista la utilización de la TCHC tampoco representa una herramienta apropiada para la medición del transporte en el foramen mayor porque el tamaño del voxel es mayor que el transporte en sí mismo (p.ej. después de la utilización de la lima Profile® 25.06, que fue la lima que produjo mayor deformación, obtuvimos una media de deformación de 65µm, el tamaño mínimo de Voxel de la TCHC Planmeca® Promax 3d es de 100x100µm por lo que con dicho sistema observar la deformación es imposible[136].

Solo encontramos dos artículos en la literatura que publique resultados relacionados con la sobre-instrumentación.

Todas las mediciones fueron realizadas con el programa informático Autocad

(Autodesk Incorporated). Se realizó un cálculo de la resolución previo de cada imagen para nuestro sistema de medición, basado en la magnificación y el número de pixeles por imagen.

El tamaño del pixel en nuestras imágenes fue de 0.85 µm (asumimos un error de 0,85 µm). Hallamos la tolerancia de nuestras imágenes, para hallar la tolerancia conocíamos el ancho y el largo de las imágenes, y obtuvimos una "L media aritmética".

La formula de la tolerancia viene expresada por:

$$T = 2 \times e \times \sqrt{2L/l}$$

Condición de la tolerancia en imágenes: Si T>e , es válido. Es correcto. Si T<e , no es válido. No son correctas las mediciones, supera al error permisible y deja de ser fiable la imagen.

Obtuvimos los siguientes valores: -Tolerancia en el ancho (Eje X)=2,78 µm >0.85 µm (La tolerancia en el eje X de la imagen (ancho) es válida) -Tolerancia en la altura de la imagen (eje Y)=2,59 µm >0.85µm (La tolerancia en el eje Y de la imagen (altura) es válida).

Debemos de tener en cuenta que la tolerancia siempre debe de ser mayor que el error. En nuestro estudio tenemos una tolerancia de ≈2,65µm y un error de 0,85 µm, por lo cual es estudio esta dentro de los valores de tolerancia permitidos.

7.2 Instrumentos rotatorios de Niquel-Titanio

El presente estudio evaluó dos tipos de instrumentos rotatorios de Ni-Ti. A pesar de ello, los resultados obtenidos no pueden ser extrapolados de manera directa a otros instrumentos con diseños diferentes. En este estudio, así como en el trabajo de

González-Sánchez y cols.[34] y Hu y cols.[115] se evaluaron las fotografías pre y post-operatorias del foramen mayor del conducto[122,133]. Se colocó el foramen apical de cada conducto mesio-vestibular en el estéreomicroscopio, de manera que posicionado de forma paralela, esto permitiese la observación del foramen mayor en toda su extensión[122].

En nuestro primer estudio comparamos el sistema ProFile® con el sistema S-Apex®. El sistema ProFile® representa un sistema utilizado de manera rutinaria en todo el mundo mientras que las limas S-Apex® son de reciente aparición en el mercado. Una profunda revisión de la literatura demuestra que sólo existen unos pocos estudios en relación con este último sistema, ninguno de ellos acerca de transporte apical.

Entre uno de los pocos estudios previos que conciernen a S-Apex, Souza-Bier y cols.[124] no encontraron indicios de daño dentinario tras la instrumentación. Actualmente es el único sistema que como característica principal cuenta con instrumentos que poseen una conicidad invertida, lo que pude dar como resultado una preparación del conducto paralela, parecida a la descrita previamente por Dummer y cols.[122] respecto a Lightspeed® (LightSpeed Technology, Inc, San Antonio, TX).

Estas preparaciones se caracterizan por ser poco cónicas y poco continuas, lo que podría influir de manera considerable en la obturación del conducto, a pesar de que no hay evidencia científica que sugiera que esto pudiera suponer un problema, especialmente si se utilizan técnicas termoplásticas[122]. Borden y cols.[137] demostró que es posible obtener buenos resultados al obturar el sistema de conductos con técnicas de gutapercha caliente cuando las paredes son paralelas, aunque sus resultados no son extrapolables a nuestro estudio puesto que su muestra estaba compuesta en exclusiva de dientes monorradiculares.

La idea de una lima sin conicidad apoya la idea de que las limas con conicidad pueden generar un aumento del debilitamiento de las paredes dentinarias, y por ello, manteniendo el diámetro del conducto lo más pequeño posible, se reduce la susceptibilidad a sufrir una fractura vertical[124,138]. Además al poseer una menor conicidad debería de tener una menor masa del intrumento, y por tanto, producri una menor cantidad de deformación. El sistema de instrumentación S-Apex puede utilizarse para minimizar la remoción de dentina en los tercios coronal y medio de la

raíz, lo que podría debilitar la raíz de forma innnecesaria, y centrándose al máximo en la instrumentación del tercio apical, lo que debería dejar como resultado un conducto con el menor diámetro posible al final de la preparación.

Adorno y cols.[139] observó la presencia de micro-cracks dentinarios en la porción apical después de sobre-instrumentar con el sistema ProFile, especialmente después de utilizar las limas 30.06 y 35.04. En nuestro estudio, al igual que el de Hu y cols.[115] , no se detectaron cracks dentinarios en ninguna de las muestras después de sobre-instrumentar 0,5mm a través del foramen mayor, lo cual podría atribuirse a la utilización de limas de menor calibre, ya que la lima mayor que utilzamos en nuestro estudio fue la lima Profile 25.06.

Ambos sistemas rotatorios de Niquel Titanio mostraron presencia de transporte apical. Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos en sentido vestíbulo-lingual pero no en sentido mesio-distal. Bajo nuestro conocimiento no existen estudios que evalúen la capacidad de centrado y el transporte apical en conductos de dientes extraídos instrumentados con el sistema S-Apex®.

Los instrumentos del sistema ProFile® poseen "radial-lands", los cuales están pensados para mantener los instrumentos centrados en el conducto, minimizando el transporte. Está demostrado que las limas con una flexibilidad aumentada y la presencia de estos apoyos producen menos transporte comparadas con instrumentos que no poseen estos apoyos, pues éstos concentran totalmente la presión sobre los bordes cortantes de la lima, obteniendo como resultado una mayor tendencia a enderezar el conducto[140]. Además el hecho de presentar una conicidad aumentada le confiere a la lima un mayor volumen y por tanto un mayor transporte apical cuando se comparan este tipo de sistemas con el sistema S-Apex®[132]. Souza-Bier[124] observó que ProFile® removió más cantidad de dentina que S-Apex®, pero lo observaron en el interior del conducto, lo que está en consonancia con nuestro resultados de que ProFile removió más cemento y dentina que S-Apex®.

A pesar de tener utilizar instrumento con el mismo calibre apical ProFile® produjo más transporte apical. Esto podría ser atribuíble al diseño de S-Apex® que tiene como característica principal la presencia de conicidad invertida a lo largo de todo el instrumento, lo que le confiere una masa menor. Hu y cols.[115] también encontraron

que el transporte del foramen apical ocurría en todos los grupos con conicidad al comparar ProFile ® con ProFile VortexV y Vortex Blue ®.

Observamos que en el grupo de Profile®, la presencia de superficies de apoyo "Radial Lands" no fueron capaces de mantener centrado el intrumento en el conducto (Capacidad de centrado=1), por lo que podemos concluir que la presencia de "Radial Lands" no centra el instrumento en la sobre-instrumentacion, y por tanto, no previene de la conformación oval del foramen debido al apoyo del mismo en una de las paredes.

De acuerdo con estudios previos la ocurrencia del transporte apical podría producir la presencia de forámenes ovales [34] originando "resorptive lacunae" que podrían aumentar la retención y bacteriana y la consecuente filtración apical[33] . En el caso de obtener un sellado apical pobre, puede existir la filtración de fluídos ricos en glicoproteínas hacia el interior del sistema de conductos que sirva de sustrato a microorganismos supervivientes, permitiendo su proliferación hasta alcanzar un número suficiente que permita inducir o mantener una lesión periapical previa [78,82] . Además, en casos de transporte apical, un aumento del tamaño del foramen hace posible que las bacterias reciban nutrientes del exudado inflamatorio presente en la región periapical [141].

En este estudio no hubo ningún sistema que mantuviera el foramen apical centrado. Observamos la presencia de un alto número de forámenes ovales, a pesar de la presencia de radial lands en el sistema ProFile® o de la conicidad invertida en el sistema S-Apex®.

La necesidad de analizar la deformación y la capacidad de centrado de los instrumentos de ambos sistemas al sobrepasar el foramen apical nace del problema que supone que haya un 15-20% de las medidas sobreestimadas por nuestros localizadores electrónicos de ápice. Es importante aclarar esto pues los instrumentos de ambos sistemas, al igual que la gran mayoría en endodoncia, no fueron diseñados para trabajar más allá de la constricción apical. Esto, sumado a la diferencia de masa, explica que los valores obtenidos sean mucho mayores cuando los comparamos con los recabados en nuestro estudio de permeabilidad apical.

La sobreinstrumentación y el transporte del foramen apical puede acabar teniendo como resultado un cuadro de dolor postoperatorio[78], daños sobre los tejidos periapicales[141] y la incapacidad de obtener un buen sellado apical[82].

Si la deformación no fuera importante esta se podría compensar con técnicas de obturación termoplásticas, que según Bowman y Baumgartner[142] podrían rellenar forámenes ovales pues se utilizan también para rellenar otras irregularidades del conducto radicular. De todas maneras no existe evidencia en la literatura conforme estas técnicas ayuden a obturar forámenes ovales después de producirse la sobre-instrumentación.

7.3 Permeabilidad Apical

El segundo objetivo de ésta tesis doctoral fue evaluar los cambios morfológicos que se producían en el foramen mayor al realizar una sobre-instrumentación intencionada al utilizar instrumentos rotatorios como limas de pasaje en comparación con limas manuales, que hasta el momento son los instrumentos de elección para tal fin. Una extensa revisión bibliográfica reveló que no existían artículos evaluando el comportamiento de limas rotatorias utilizadas como limas de permeabilidad.

Schilder[143] estableció la necesidad de mantener una relación tridimensional del conducto original con la preparación final. Durante la instrumentación del conducto se forman detritus de dentina y restos pulpares que pueden bloquear el acceso al tercio apical, aumentando la posibilidad de formación de escalones, transporte apical o perforaciones[144]. El transporte apical del conducto puede promover el acúmulo de detritus y microorganismos residuales como resultado de una limpieza insuficiente[27]. Buchanan puntualizó que el bloqueo del conducto se puede evitar durante la instrumentación utilizando una lima de pasaje o permeabilidad[145] .

Como ya se ha descrito anteriormente, la técnica para mantener la permeabilidad del conducto fue descrita por Buchanan[15] y consiste en el paso de una lima K de pequeño calibre de forma pasiva a través de la constricción apical sin ensancharla con el fin de evitar el bloqueo de detritus que pueda llevar a errores asociados a la instrumentación como bloqueos, escalones o perforaciones[14].

Pese a que es una técnica en controversia pues existen autores como Holland y cols.[146] , Goldberg y Massone[27] y Gutiérrez y cols.[33] que postulan que el paso de esta lima a través del foramen puede desde incrementar el dolor postoperatorio, produciendo daños en los tejidos periapicales o daños en el foramen apical, estudios recientes como el González y cols.[99] no observaron transporte apical del foramen en la mayoría de las muestras después de la utilización de una lima K#08 de acero inoxidable; Arias[100] , Torabinejad[101] o Siqueira[102] también demuestran que esta técnica no necesariamente produce un incremento del dolor postoperatorio, probablemente porque el paso de una lima de tan pequeño calibre no resulta dañino para el foramen.

Para nuestro estudio decidimos comparar tres limas utilizadas con limas de permeabilidad: la lima K#10 manual y dos sistemas rotatorios de Ni-Ti: la lima 13.02 del sistema PathFiles (Dentsply-Maillfer) y la lima 10.02 del sistema Scout Race (FKG Dentaire).

El sistema rotatorio PathFile apareció en el mercado como una alternativa a la técnica convencional con limas manuales para realizar el glide path o vía de deslizamiento. Después de realizar una exploración inicial del conducto con limas manuales que nos permita establecer la longitud de trabajo y asegurarnos de la permeabilidad del mismo, la creación de una vía de deslizamiento es obligatoria para mejorar la capacidad de actuación de los intrumentos rotatorios o reciprocantes de NiTi que se utilizarán a posteriori[113,114,147].

Realizar una vía de deslizamiento o glide path consiste en preensanchar el conducto para evitar la fractura o fallo del instrumento debido a un torque excesivo. Para ello el diámetro del conducto debería ser mayor, o como mínimo igual, al diámetro de la punta no activa del primer instrumento rotatorio a utilizar. Estudios previos han demostrado que esta vía de deslizamiento cuando realizada de manera mecánica resulta más efectiva manteniendo la anatomía original del conducto que de manera manual con limas K. Es por ello que pensamos que estos instrumentos rotatorios de pequeño calibre podrían ser también más efectivos a la hora mantener al máximo la posición original del foramen mayor cuando fuesen utilizados como limas de pasaje[148,149] .

La vida media del instrumento está directamente relacionada con el índice de estrés que éste sufre y el fallo del mismo puede ser resultado de un uso excesivo o incorrecto del mismo[123,150-153] . El fallo del instrumento representa una preocupación constante a la hora de utilizar instrumentos de NiTi, ya sean rotatorios o reciprocantes, debido a la dificultad del remover el fragmento separado y al efecto adverso que puede tener sobre el pronóstico esta complicación[154,155] . Es necesario realizar glide path mecánico o rotatorio para disminuir el estrés torsional que sufre el instrumento a lo largo del conducto, disminuyendo así el riesgo de fractura del instrumento [111,113,114,155] . La utilización de las limas rotatorias de Ni-Ti para realizar la permeabilidad podrían juntar las ventajas de la permeabilidad con el Glide Path rotatorio en una misma acción.

Con la misma finalidad que el sistema PathFile nace el sistema Scout Race (FKG). Al ser de tan reciente aparición existe poca literatura que avale su utilización. Quizás una de las ventajas de este sistema es que cuenta con una lima calibre 10 y conicidad 2%, lo que permite su comparación con limas manuales, pues coincide en calibre y conicidad, pero con la ventaja de la utilización de la aleación de Niquel Titanio en su fabricación.

González y cols.[99] compararon los efectos producidos entre tres instrumentos: una lima K-Flex 08, un ensanchador de calibre 10 y un espaciador digital XF. En la mayoría de las muestras no se observó presencia de transporte apical del foramen cuando se utilizaron limas K#08 y los ensanchadores de calibre 10. En cambio los mayores valores de transporte los obtuvo el grupo en el que se utilizaron espaciadores digitales XF. En un inicio se esperaba el resultado opuesto, dado que el espaciador posee menos conicidad que una lima K, además de no contar con la presencia de espiras. Esto no fue así probablemente porque los condensadores cuentan con mayor masa debido a su sección circular, así como a su rigidez.

González y cols.[99] escogieron una lima K de calibre 08 debido a que Goldberg y Massone[27] observaron presencia de transporte apical cuando se utilizaban limas K del 10, 15 y del 20. Asimismo utilizaron ensanchadores de calibre 10 y no del 08 debido a que por su diseño poseen menos masa que una lima K de su calibre correspondiente. A diferencia de González y cols., en nuestro estudio utilizamos limas de calibre 10 (13 en el caso de PathFile) debido a que dentro de los sistemas rotatorios

éste es el de menor calibre disponible.

En este estudio seguimos con la metodología utilizada por González y cols.[99] y Hu y cols.[115]. Pero sólo el primero evalúa el transporte apical producido por determinado instrumentos al ser utilizados como limas de pasaje. En el estudio de González evaluaron la deformación después de la utilización de la lima de permeabilidad de forma cualitativa, sin embargo, en éste estudio se analizó de manera cuantitativa, ya que se midió exactamente la deformación producida.

En nuestro estudio no obtuvimos diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los tres grupos. La falta de estudios en la literatura actual de las mismas características y que compartan el mismo objetivo hace que no podamos comparar nuestro resultados con ninguna investigación previa. El hecho además de utilizar limas rotatorias para mantener la permeabilidad apical hace que nuestros resultados tampoco puedan compararse con los de González y cols.[99] .

De los tres grupos, el que obtuvo una mayor cantidad de deformación fue el grupo de Pathfile. La lima Pathfile que se utilizó tenía un calibre de 13 y conicidad del 2%. Al tener mayor calibre al final del instrumento que la lima Scout Race, deducimos que el aumento de deformación puede deberse al aumento de diámetro en la lima. Las medias de deformación de la lima Pathfile fueron muy similares a las medias obtenidas por la lima K#10, por lo que podríamos deducir que a pesar del aumento de tamaño de 0,03mm de la lima rotatoria respecto a la manual, la presencia de la aleación de níquel-titanio pudo compensar la deformación, ayudando a ser más flexible la lima.

El grupo que tuvo un menor grado de deformación fue el de la lima Scout Race, dicha lima comparte conicidad y calibre apical con la lima k#10, sin embargo la aleación de Niquel- Titanio pudo reducir la deformación de la misma.

Se puede apreciar un gran número de muestras que presentan valores altos en las desviaciones estándar, al igual que Hu y cols., lo cual puede ser debido a variaciones previas en la forma del foramen apical, previo a toda sobreinstrumentación. No obstante la mayor desviación estándar obtenida fue de +/-31,91µm en nuestro primer estudio, en el grupo ProFile, al medir la cantidad de deformación el eje V-L, que correspondería a 0,03mm. Varios artículos han señalado que el foramen de raíces

mesiovestibulares de molares inferiores presenta una forma ovalada en sentido vestíbulo-lingual, y además, el tamaño del foramen mayor en estos molares es superior a 0,025mm, según diversos autores (52).

Según los estudios de Briseño[52] el foramen mayor de los conductos Mesio Vestibulares de los primeros molares maxilares presenta un diámetro superior a una lima K de 10 (0,10mm de diámetro en la punta), por lo que la flexibilidad del instrumento influye de forma determinante en la deformación que éstas puedan producir en el foramen mayor. Por tanto los instrumentos de níquel-titanio producen menor grado de deformación a nivel apical, equiparando el diámetro, que los instrumentos de acero inoxidable.

El grado de deformación que se obtuvo en los diferentes instrumentos usados para la permeabilidad obtuvo una media de 15,58 micras; Briseño y cols.[52] en 2004 observaron que el tamaño del foramen mayor de primeros molares maxilares daba como resultado una media en forámenes estrechos de 0,21 micras y de 0,32 micras en forámenes anchos. Es por esto que consideramos que aunque en todos los grupos hubo deformación, ésta puede ser despreciada ya que el tamaño de deformación es menor al tamaño del foramen mayor en los primeros molares maxilares.

En base a nuestros resultados el uso de los instrumentos rotatorios de Niquel-Titanio Pathfile 13.02 y ScoutRace 10.02 para la realización de la permeabilidad apical, produce una mínima cantidad de deformación y no presentan diferencias significativas con el uso de la lima k#10, por lo que pueden ser considerados como una opción para realizar la permeabilidad.

Sin embargo estos resultados han de tomarse en consideración de manera relativa, a la espera de nuevos estudios ampliando el número de la muestra y/o utilizando conductos curvos.

7.3.1. Área y perímetro.

Debido a los resultados obtenidos de deformación y capacidad de centrado no mostraban diferencias estadísticamente significativas, decidimos analizar los posibles cambios en el diámetro y área de los trazados del foramen. Esto se llevó a cabo, después de realizar los trazados, registrando los valores de área y perímetro inicial del

trazado y de área y perímetro del mismo una vez efectuada la permeabilidad con el instrumento que correspondiese.

Los resultados pusieron de manifiesto que no existían diferencias estadísticamente significativas ni al comparar áreas y perímetros iniciales con sus valores correspondientes tras realizar la sobreinstrumentación, ni tampoco cuando se realizaban comparaciones entre los diferentes sistemas utilzados.

Estos resultados aunque similares, difieren un poco de los obtenidos por Hu y cols.[115], que a su vez también midieron las áreas de los forámenes apicales de sus muestras, encontrando diferencias significativas entre la situación inicial y la final. Esto probablemente se deba principalmente a la mayor masa de los instrumentos utilizados, pues al igual que en nuestro primer estudio, se trataban de sistemas de instrumentación convencionales y no diseñados para trabajar más allá de la constricción apical, y mucho menos más allá del foramen mayor.

Las conclusiones que se pueden desprender de este estudio resultan pues algo totalmente novedoso y relevante, puesto que debido a que no existen diferencias significativas entre realizar y mantener la permeabilidad del conducto con instrumentos rotatorios o manuales, ¿por qué no beneficiarnos de las ventajas que aporta la utilización del níquel titanio y pasar a mantener la permeabilidad del conducto con instrumentos rotatorios?. Esto haría que toda la instrumentación del sistema de conductos pasara a ser rotatoria, dejando las limas manuales sólo para algunos casos específicos.

No sería descabellado pensar en realizar una instrumentación totalmente rotatoria. En la actualidad existe una amplia variedad de literatura que avala el uso de instrumentos rotatorios de níquel titanio como primera opción a la hora de efectuar el tratamiento de conductos, por delante de los manuales, por obtener mejores resultados en términos de eficiencia y capacidad de preparación.

8. CONCLUSIONES

8. CONCLUSIONES

8.1 Generales

1. Sí encontramos diferencias estadísticamente significativas en la cantidad de deformación producida por los sistemas ProFile® y S-Apex® al realizar una sobre-instrumentación de 1mm mas allá de la longitud de trabajo. Ambos sistemas produjeron deformación a nivel apical y ninguno fue capaz de mantener centrado el conducto.

2. No encontramos diferencias estadísticamente significativas en la cantidad de deformación producida por las limas rotatorias de Ni-Ti Scout-Race 10.02, Pathfile 13.02 y K-flex#10 al ser utilizadas como limas de permeabilidad. Todos los sistemas produjeron deformación, pero ésta fue inferior a 0,75µm de media.

8.1 Específicas

1) Encontramos diferencias estadísticamente significativas con respecto al transporte apical en el eje Vestíbulo-Lingual entre la #15.04 ProFile® y #15 S-Apex®, entre #20.04 ProFile® y la lima #20 S-Apex® y entre #25.04 ProFile® y la #25 S-Apex® .

2) No encontramos diferencias estadísticamente significativas al comparar el transporte apical en el eje mesio-distal al sobre-instrumentar un milímetro más allá de la longitud de trabajo con los sistemas ProFile® y S-Apex®.

3) No encontramos diferencias estadísticamente significativas al comparar la capacidad de centrado en el eje vestíbulo-lingual al sobre-instrumentar un milímetro más allá de la longitud de trabajo con los sistemas ProFile® y S-Apex®.

4) No encontramos diferencias estadísticamente significativas al comparar la capacidad de centrado en el eje mesio-distal al sobre-instrumentar un milímetro más allá de la longitud de trabajo con los sistemas ProFile® y S-Apex®.

5) No encontramos diferencias estadísticamente significativas al comparar el transporte apical en el eje vestíbulo-palatino al utilizar como limas de pasaje los instrumentos PathFile® 13.02 , ScoutRace® 10.02 y K-Flex®#10.

6) No encontramos diferencias estadísticamente significativas al comparar el transporte apical en el eje mesio-distal al utilizar como limas de pasaje los instrumentos PathFile® 13.02 , ScoutRace® 10.02 y K-Flex®#10.

7) No encontramos diferencias estadísticamente significativas al comparar la capacidad de centrado en el eje vestíbulo-palatino al utilizar como limas de pasaje los instrumentos PathFile® 13.02 , ScoutRace® 10.02 y K-Flex®#10.

8) No encontramos diferencias estadísticamente significativas al comparar la capacidad de centrado en el eje mesio-distal al utilizar como limas de pasaje los instrumentos PathFile® 13.02 , ScoutRace® 10.02 y K-Flex®#10.

9) No observamos la presencia de Micro-Craks en la superficie apical después de realizar la permeabilidad con los instrumentos de Ni-Ti Pathfile® 13.02 y Scout Race® 10.02.

10) No encontramos diferencias en el área final respecto al área inicial, calculada antes de permeabilizar, al utilizar los instrumentos 13.02 del sistema PathFile®, 10.02 del sistema ScoutRace® y 10K-Flex® como lima de permebilidad.

11) No observamos diferencias en el perímetro final respecto al perímetro inicial, calculado antes de permeabilizar, al utilizar los instrumentos 13.02 del sistema

PathFile®, 10.02 del sistema ScoutRace® y 10K-Flex® como lima de permebilidad.

12) Evaluar la presencia de micro-cracks en la superficie apical radicular después de realizar la permeabilidad rotatoria.

9. PERSPECTIVAS DE FUTURO

9. PERSPECTIVAS DE FUTURO

9.1.- Proponemos aumentar el número de muestra para incrementar la potencia del estudio y así conseguir la unos resultados que se puedan extrapolar a una situación clínica.

9.2.- Realización del estudio bajo la observación con MicroCT Scan para observar los cambios en la anatomía del foramen mayor después de la permeabilidad rotatoria apical.

9.3.- Realizar un estudio sobre el dolor post-operatorio después de realizar la permeabilidad con instrumentos rotatorios de Ni-Ti y pequeño calibre.

9.4.- Medir la cantidad de detritus extruidos para observar qué sistema produce mayor cantidad, debido a la asociación que hacen algunos autores con el aumento del dolor postoperatorio.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) Iqbal MK, Firic S, Tulcan J, Karabucak B, Kim S. Comparison of apical transportation between ProFile and ProTaper NiTi rotary instruments. Int Endod J 2004 Jun;37(6):359-364.

(2) Glossen CR, Haller RH, Dove SB, del Rio CE. A comparison of root canal preparations using Ni-Ti hand, Ni-Ti engine-driven, and K-Flex endodontic instruments. J Endod 1995 Mar;21(3):146-151.

(3) Bryant ST, Thompson SA, al-Omari MA, Dummer PM. Shaping ability of Profile rotary nickel-titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals: Part 1. Int Endod J 1998 Jul;31(4):275-281.

(4) Park H. A comparison of Greater Taper files, ProFiles, and stainless steel files to shape curved root canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2001 Jun;91(6):715-718.

(5) KUTTLER Y. Microscopic investigation of root apexes. J Am Dent Assoc 1955 May;50(5):544-552.

(6) Grove C. A new simple standardized technique producing perfect fitting impermeable root canal fillings extended to the dentinocemento junction. Dent Items Interest 1928;50:855-857.

(7) GREEN D. Stereomicroscopic study of 700 root apices of maxillary and mandibular posterior teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1960 Jun;13:728-733.

(8) Schaeffer MA, White RR, Walton RE. Determining the optimal obturation length: a meta-analysis of literature. J Endod 2005 Apr;31(4):271-274.

(9) Seidberg BH, Alibrandi BV, Fine H, Logue B. Clinical investigation of measuring working lengths of root canals with an electronic device and with digital-tactile sense. J Am Dent Assoc 1975 Feb;90(2):379-387.

(10) Busch LR, Chiat LR, Goldstein LG, Held SA, Rosenberg PA. Determination of the accuracy of the Sono-Explorer for establishing endodontic measurement control. J Endod 1976 Oct;2(10):295-297.

(11) Trope M, Rabie G, Tronstad L. Accuracy of an electronic apex locator under controlled clinical conditions. Endod Dent Traumatol 1985 Aug;1(4):142-145.

(12) Fouad AF, Krell KV, McKendry DJ, Koorbusch GF, Olson RA. Clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instruments. J Endod 1990 Sep;16(9):446-449.

(13) McDonald NJ, Hovland EJ. An evaluation of the Apex Locator Endocater. J Endod 1990 Jan;16(1):5-8.

(14) Cailleteau JG, Mullaney TP. Prevalence of teaching apical patency and various instrumentation and obturation techniques in United States dental schools. J Endod 1997 Jun;23(6):394-396.

(15) Buchanan LS. Management of the curved root canal. J Calif Dent Assoc 1989 Apr;17(4):18-25, 27.

(16) Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil J. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. Endodontic Topics 2005;10:77-102.

(17) Schafer E, Lohmann D. Efficiency of rotary nickel-titanium FlexMaster instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile--Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. Int Endod J 2002 Jun;35(6):505-513.

(18) Kum KY, Spangberg L, Cha BY, Il-Young J, Msd, Seung-Jong L, et al. Shaping ability of three ProFile rotary instrumentation techniques in simulated resin root canals. J Endod 2000 Dec;26(12):719-723.

(19) Peters OA, Barbakow F, Peters CI. An analysis of endodontic treatment with three nickel-titanium rotary root canal preparation techniques. Int Endod J 2004 Dec;37(12):849-859.

(20) Gergi R, Rjeily JA, Sader J, Naaman A. Comparison of canal transportation and centering ability of twisted files, Pathfile-ProTaper system, and stainless steel hand K-files by using computed tomography. J Endod 2010 May;36(5):904-907.

(21) Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. Int Endod J 1998 Nov;31(6):384-393.

(22) Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. Int Endod J 1998 Nov;31(6):394-409.

(23) American association of endodontics. Glossary of endodontic terms. 7th ed. Chicago; 2003.

(24) Sjogren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. J Endod 1990 Oct;16(10):498-504.

(25) Simon J. The apex, how critical is it? Gen Dent 1994;42:330-334.

(26) Tinaz AC, Alacam T, Uzun O, Maden M, Kayaoglu G. The effect of disruption of apical constriction on periapical extrusion. J Endod 2005 Jul;31(7):533-535.

(27) Goldberg F, Massone EJ. Patency file and apical transportation: an in vitro study. J Endod 2002 Jul;28(7):510-511.

(28) Williams CB, Joyce AP, Roberts S. A comparison between in vivo radiographic working length determination and measurement after extraction. J Endod 2006 Jul;32(7):624-627.

(29) Martins JN, Marques D, Mata A, Carames J. Clinical efficacy of electronic apex locators: systematic review. J Endod 2014 Jun;40(6):759-777.

(30) ElAyouti A, Weiger R, Lost C. Frequency of overinstrumentation with an acceptable radiographic working length. J Endod 2001 Jan;27(1):49-52.

(31) Wrbas KT, Ziegler AA, Altenburger MJ, Schirrmeister JF. In vivo comparison of working length determination with two electronic apex locators. Int Endod J 2007 Feb;40(2):133-138.

(32) Stober EK, de Ribot J, Mercade M, Vera J, Bueno R, Roig M, et al. Evaluation of the Raypex 5 and the Mini Apex Locator: an in vivo study. J Endod 2011 Oct;37(10):1349-1352.

(33) Gutierrez JH, Brizuela C, Villota E. Human teeth with periapical pathosis after overinstrumentation and overfilling of the root canals: a scanning electron microscopic study. Int Endod J 1999 Jan;32(1):40-48.

(34) Gonzalez Sanchez JA, Duran-Sindreu F, de Noe S, Mercade M, Roig M. Centring ability and apical transportation after overinstrumentation with ProTaper Universal and ProFile Vortex instruments. Int Endod J 2012 Jun;45(6):542-551.

(35) Fan B, Wu MK, Wesselink PR. Leakage along warm gutta-percha fillings in the apical canals of curved roots. Endod Dent Traumatol 2000 Feb;16(1):29-33.

(36) European Society of Endodontology. Undergraduate curriculum guidelines for endodontology. Int Endod J 2001 Dec;34(8):574-580.

(37) Seltzer S, Naidorf IJ. Flare-ups in endodontics: I. Etiological factors. J Endod 1985 Nov;11(11):472-478.

(38) Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG,Jr. The "balanced force" concept for instrumentation of curved canals. J Endod 1985 May;11(5):203-211.

(39) Kyomen SM, Caputo AA, White SN. Critical analysis of the balanced force technique in endodontics. J Endod 1994 Jul;20(7):332-337.

(40) Cunningham CJ, Senia ES. A three-dimensional study of canal curvatures in the mesial roots of mandibular molars. J Endod 1992 Jun;18(6):294-300.

(41) Kartal N, Cimilli HK. The degrees and configurations of mesial canal curvatures of mandibular first molars. J Endod 1997 Jun;23(6):358-362.

(42) Weine FS, Healey HJ, Gerstein H, Evanson L. Pre-curved files and incremental instrumentation for root canal enlargement. J Can Dent Assoc (Tor) 1970 Apr;36(4):155-157.

(43) Dummer PM, al-Omari MA, Bryant S. Comparison of the performance of four files with rounded tips during shaping of simulated root canals. J Endod 1998 May;24(5):364-371.

(44) Griffiths IT, Bryant ST, Dummer PM. Canal shapes produced sequentially during instrumentation with Quantec LX rotary nickel-titanium instruments: a study in simulated canals. Int Endod J 2000 Jul;33(4):346-354.

(45) Powell SE, Simon JH, Maze BB. A comparison of the effect of modified and nonmodified instrument tips on apical canal configuration. J Endod 1986 Jul;12(7):293-300.

(46) Lam TV, Lewis DJ, Atkins DR, Macfarlane RH, Clarkson RM, Whitehead MG, et al. Changes in root canal morphology in simulated curved canals over-instrumented with a variety of stainless steel and nickel titanium files. Aust Dent J 1999 Mar;44(1):12-19.

(47) Nagy CD, Bartha K, Bernath M, Verdes E, Szabo J. The effect of root canal morphology on canal shape following instrumentation using different techniques. Int Endod J 1997 Mar;30(2):133-140.

(48) Peters OA, Laib A, Ruegsegger P, Barbakow F. Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. J Dent Res 2000 Jun;79(6):1405-1409.

(49) Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Wevers M, Lambrechts P. A methodology for quantitative evaluation of root canal instrumentation using microcomputed tomography. Int Endod J 2001 Jul;34(5):390-398.

(50) Portenier I, Lutz F, Barbakow F. Preparation of the apical part of the root canal by the Lightspeed and step-back techniques. Int Endod J 1998 Mar;31(2):103-111.

(51) al-Omari MA, Dummer PM, Newcombe RG. Comparison of six files to prepare simulated root canals. 1. Int Endod J 1992 Mar;25(2):57-66.

(52) Marroquin BB, El-Sayed MA, Willershausen-Zonnchen B. Morphology of the physiological foramen: I. Maxillary and mandibular molars. J Endod 2004 May;30(5):321-328.

(53) Dummer PM, McGinn JH, Rees DG. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. Int Endod J 1984 Oct;17(4):192-198.

(54) Baugh D, Wallace J. The role of apical instrumentation in root canal treatment: a review of the literature. J Endod 2005 May;31(5):333-340.

(55) Ram Z. Effectiveness of root canal irrigation. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1977 Aug;44(2):306-312.

(56) Salzgeber RM, Brilliant JD. An in vivo evaluation of the penetration of an irrigating solution in root canals. J Endod 1977 Oct;3(10):394-398.

(57) Chow TW. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. J Endod 1983 Nov;9(11):475-479.

(58) Shuping GB, Orstavik D, Sigurdsson A, Trope M. Reduction of intracanal bacteria using nickel-titanium rotary instrumentation and various medications. J Endod 2000 Dec;26(12):751-755.

(59) Card SJ, Sigurdsson A, Orstavik D, Trope M. The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. J Endod 2002 Nov;28(11):779-783.

(60) Rollison S, Barnett F, Stevens RH. Efficacy of bacterial removal from instrumented root canals in vitro related to instrumentation technique and size. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2002 Sep;94(3):366-371.

(61) Usman N, Baumgartner JC, Marshall JG. Influence of instrument size on root canal debridement. J Endod 2004 Feb;30(2):110-112.

(62) Bierenkrant DE, Parashos P, Messer HH. The technical quality of nonsurgical root canal treatment performed by a selected cohort of Australian endodontists. Int Endod J 2008 Jul;41(7):561-570.

(63) Siqueira JF,Jr, Rocas IN, Riche FN, Provenzano JC. Clinical outcome of the endodontic treatment of teeth with apical periodontitis using an antimicrobial protocol. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2008 Nov;106(5):757-762.

(64) Tan BT, Messer HH. The quality of apical canal preparation using hand and rotary instruments with specific criteria for enlargement based on initial apical file size. J Endod 2002 Sep;28(9):658-664.

(65) Darda S, Manwar N, Chandak M, Shori DD. An in vivo evaluation of two types of files used to accurately determine the diameter of the apical constriction of a root canal: an in vivo study. J Contemp Dent Pract 2009 Jul 1;10(4):43-50.

(66) Saini HR, Tewari S, Sangwan P, Duhan J, Gupta A. Effect of different apical preparation sizes on outcome of primary endodontic treatment: a randomized controlled trial. J Endod 2012 Oct;38(10):1309-1315.

(67) Souza RA, Dantas JC, Brandao PM, Colombo S, Lago M, Duarte MA. Apical third enlargement of the root canal and its relationship with the repair of periapical lesions. Eur J Dent 2012 Oct;6(4):385-388.

(68) Wu MK, Barkis D, Roris A, Wesselink PR. Does the first file to bind correspond to the diameter of the canal in the apical region? Int Endod J 2002 Mar;35(3):264-267.

(69) Aminoshariae A, Kulild JC. Master apical file size - smaller or larger: a systematic review of healing outcomes. Int Endod J 2015 Jul;48(7):639-647.

(70) Dalton BC, Orstavik D, Phillips C, Pettiette M, Trope M. Bacterial reduction with nickel-titanium rotary instrumentation. J Endod 1998 Nov;24(11):763-767.

(71) Sum CP, Neo J, Kishen A. What we leave behind in root canals after endodontic treatment: some issues and concerns. Aust Endod J 2005 Dec;31(3):94-100.

(72) Alves FR, Almeida BM, Neves MA, Moreno JO, Rocas IN, Siqueira JF,Jr. Disinfecting oval-shaped root canals: effectiveness of different supplementary approaches. J Endod 2011 Apr;37(4):496-501.

(73) Paiva SS, Siqueira JF,Jr, Rocas IN, Carmo FL, Ferreira DC, Curvelo JA, et al. Supplementing the antimicrobial effects of chemomechanical debridement with either passive ultrasonic irrigation or a final rinse with chlorhexidine: a clinical study. J Endod 2012 Sep;38(9):1202-1206.

(74) Saini M, Kumari M, Taneja S. Comparative evaluation of the efficacy of three different irrigation devices in removal of debris from root canal at two different levels: An in vitro study. J Conserv Dent 2013 Nov;16(6):509-513.

(75) Orstavik D, Kerekes K, Molven O. Effects of extensive apical reaming and calcium hydroxide dressing on bacterial infection during treatment of apical periodontitis: a pilot study. Int Endod J 1991 Jan;24(1):1-7.

(76) Parris J, Wilcox L, Walton R. Effectiveness of apical clearing: histological and radiographical evaluation. J Endod 1994 May;20(5):219-224.

(77) Wu MK, Wesselink PR. Efficacy of three techniques in cleaning the apical portion of curved root canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1995 Apr;79(4):492-496.

(78) Siqueira JF,Jr. Reaction of periradicular tissues to root canal treatment: benefits and drawbacks. Endodontic Topics 2005;10:123-147.

(79) Cotran R, Kumar V, Collins T. Robbins Pathologic Basis of Disease. 6th ed. Philadelphia: WB Saunders; 1999.

(80) Siqueira JF,Jr. Microbial causes of endodontic flare-ups. Int Endod J 2003 Jul;36(7):453-463.

(81) Yusuf H. The significance of the presence of foreign material periapically as a cause of failure of root treatment. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1982 Nov;54(5):566-574.

(82) Siqueira JF,Jr. Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail. Int Endod J 2001 Jan;34(1):1-10.

(83) FKG brochure.

(84) Iqbal MK, Banfield B, Lavorini A, Bachstein B. A comparison of LightSpeed LS1 and LightSpeed LSX NiTi rotary instruments in apical transportation and length control in simulated root canals. J Endod 2007 Mar;33(3):268-271.

(85) Johnson WB. New Technology in Endodontics. Lecture during the Third World Conference on Endodontics I.F.E.A. Rome. 1995.

(86) Cantatore G. Preparazione canalare con strumenti mecca-nici Ni-Ti.
. Dental Cadmos (Dossier) 1996;2(11).

(87) Cantatore G. Evolution des techniques d'instrumentation canalaire. European Dental Magazine Le Monde Dentaire 1998;87(11).

(88) Berutti E, Cantatore G, Castellucci A. Endodontic instruments. Endodontics: Ciprian-Florin Barsan; 2009. p. 356-395.

(89) American association of endodontics. Glossary of endodontic terms. 2012; Available at: http://dev.aae.org/uploadedfiles/publica-tions_and_research/member_publications/03glossaryofen- doterms_web(1).pdf. Accessed October/04, 2014.

(90) Vera J, Hernandez EM, Romero M, Arias A, van der Sluis LW. Effect of maintaining apical patency on irrigant penetration into the apical two millimeters of large root canals: an in vivo study. J Endod 2012 Oct;38(10):1340-1343.

(91) Izu KH, Thomas SJ, Zhang P, Izu AE, Michalek S. Effectiveness of sodium hypochlorite in preventing inoculation of periapical tissues with contaminated patency files. J Endod 2004 Feb;30(2):92-94.

(92) Buchanan LS. Paradigm shifts in cleaning and shaping. J Calif Dent Assoc 1991 May;19(5):23-6, 28-33.

(93) Vera J, Arias A, Romero M. Effect of maintaining apical patency on irrigant penetration into the apical third of root canals when using passive ultrasonic irrigation: an in vivo study. J Endod 2011 Sep;37(9):1276-1278.

(94) al-Omari MA, Dummer PM. Canal blockage and debris extrusion with eight preparation techniques. J Endod 1995 Mar;21(3):154-158.

(95) Holland R, De Souza V, Nery MJ, de Mello W, Bernabe PF, Otoboni Filho JA. Tissue reactions following apical plugging of the root canal with infected dentin chips. A histologic study in dogs' teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1980 Apr;49(4):366-369.

(96) Tsesis I, Amdor B, Tamse A, Kfir A. The effect of maintaining apical patency on canal transportation. Int Endod J 2008 May;41(5):431-435.

(97) Lambrianidis T, Tosounidou E, Tzoanopoulou M. The effect of maintaining apical patency on periapical extrusion. J Endod 2001 Nov;27(11):696-698.

(98) Siqueira JF,Jr, Barnett F. Interappointment pain: mechanisms, diagnosis, and treatment. Endodontic Topics 2004;7:93-109.

(99) Gonzalez-Sanchez JA, Duran-Sindreu F, Matos MA, Carabano TG, Bellido MM, Castro SM, et al. Apical transportation created using three different patency instruments. Int Endod J 2010 Jul;43(7):560-564.

(100) Arias A, Azabal M, Hidalgo JJ, de la Macorra JC. Relationship between postendodontic pain, tooth diagnostic factors, and apical patency. J Endod 2009 Feb;35(2):189-192.

(101) Torabinejad M, Kettering JD, McGraw JC, Cummings RR, Dwyer TG, Tobias TS. Factors associated with endodontic interappointment emergencies of teeth with necrotic pulps. J Endod 1988 May;14(5):261-266.

(102) Siqueira JF,Jr, Rocas IN, Favieri A, Machado AG, Gahyva SM, Oliveira JC, et al. Incidence of postoperative pain after intracanal procedures based on an antimicrobial strategy. J Endod 2002 Jun;28(6):457-460.

(103) Tronstad L. Tissue reactions following apical plugging of the root canal with dentin chips in monkey teeth subjected to pulpectomy. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1978 Feb;45(2):297-304.

(104) Engstrom B, Lundberg M. The correlation between positive culture and the prognosis of root canal therapy after pulpectomy. Odontol Revy 1965;16(3):193-203.

(105) Leonardo MR, da Silva LA, Almeida WA, Utrilla LS. Tissue response to an epoxy resin-based root canal sealer. Endod Dent Traumatol 1999 Feb;15(1):28-32.

(106) Soares I, Goldberg F, Massone EJ, Soares IM. Periapical tissue response to two calcium hydroxide-containing endodontic sealers. J Endod 1990 Apr;16(4):166-169.

(107) Leonardo MR, Almeida WA, da Silva LA, Utrilla LS. Histological evaluation of the response of apical tissues to glass ionomer and zinc oxide-eugenol based sealers in dog teeth after root canal treatment. Endod Dent Traumatol 1998 Dec;14(6):257-261.

(108) Holland R, Nery MJ, de Mello W, de Souza V, Bernabe PF, Otoboni Filho JA. Root canal treatment with calcium hydroxide. II. Effect of instrumentation beyond the apices. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1979 Jan;47(1):93-96.

(109) Blum JY, Cohen A, Machtou P, Micallef JP. Analysis of forces developed during mechanical preparation of extracted teeth using Profile NiTi rotary instruments. Int Endod J 1999 Jan;32(1):24-31.

(110) Peters OA, Peters CI, Schonenberger K, Barbakow F. ProTaper rotary root canal preparation: assessment of torque and force in relation to canal anatomy. Int Endod J 2003 Feb;36(2):93-99.

(111) Roland DD, Andelin WE, Browning DF, Hsu GH, Torabinejad M. The effect of preflaring on the rates of separation for 0.04 taper nickel titanium rotary instruments. J Endod 2002 Jul;28(7):543-545.

(112) Peters OA, Peters CI, Schonenberger K, Barbakow F. ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT. Int Endod J 2003 Feb;36(2):86-92.

(113) Berutti E, Negro AR, Lendini M, Pasqualini D. Influence of manual preflaring and torque on the failure rate of ProTaper rotary instruments. J Endod 2004 Apr;30(4):228-230.

(114) Patino PV, Biedma BM, Liebana CR, Cantatore G, Bahillo JG. The influence of a manual glide path on the separation rate of NiTi rotary instruments. J Endod 2005 Feb;31(2):114-116.

(115) Hu W, Whitten B, Sedgley C, Svec T. Effect of three NiTi files on transportation of the apical foramen. Int Endod J 2014 Nov;47(11):1064-1071.

(116) Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL,Jr. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. J Endod 1997 Feb;23(2):77-85.

(117) Lopez FU, Fachin EV, Camargo Fontanella VR, Barletta FB, So MV, Grecca FS. Apical transportation: a comparative evaluation of three root canal instrumentation techniques with three different apical diameters. J Endod 2008 Dec;34(12):1545-1548.

(118) Paque F, Barbakow F, Peters OA. Root canal preparation with Endo-Eze AET: changes in root canal shape assessed by micro-computed tomography. Int Endod J 2005 Jul;38(7):456-464.

(119) Paque F, Ganahl D, Peters OA. Effects of root canal preparation on apical geometry assessed by micro-computed tomography. J Endod 2009 Jul;35(7):1056-1059.

(120) Yang GB, Zhou XD, Zheng YL, Zhang H, Shu Y, Wu HK. Shaping ability of progressive versus constant taper instruments in curved root canals of extracted teeth. Int Endod J 2007 Sep;40(9):707-714.

(121) Gambill JM, Alder M, del Rio CE. Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. J Endod 1996 Jul;22(7):369-375.

(122) Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of Lightspeed rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 1. J Endod 1997 Nov;23(11):698-702.

(123) Al-Sudani D, Grande NM, Plotino G, Pompa G, Di Carlo S, Testarelli L, et al. Cyclic fatigue of nickel-titanium rotary instruments in a double (S-shaped) simulated curvature. J Endod 2012 Jul;38(7):987-989.

(124) Bier CA, Shemesh H, Tanomaru-Filho M, Wesselink PR, Wu MK. The ability of different nickel-titanium rotary instruments to induce dentinal damage during canal preparation. J Endod 2009 Feb;35(2):236-238.

(125) Hülsmann M, Peters O, Dummer P. Mechanical preparation of root shaping goals, techniques and means. Endodontic Topics 2005;10:30-76.

(126) Tepel J, Schäfer E, Hoppe W. Kunststoffe als Modellmaterial in der Endodontie. . Dtsch Zahnärztl Z 1993;48:736-738.

(127) Lim KC, Webber J. The validity of simulated root canals for the investigation of the prepared root canal shape. Int Endod J 1985 Oct;18(4):240-246.

(128) Weine FS, Kelly RF, Bray KE. Effect of preparation with endodontic handpieces on original canal shape. J Endod 1976 Oct;2(10):298-303.

(129) Bertrand MF, Lupi-Pegurier L, Medioni E, Muller M, Bolla M. Curved molar root canal preparations using Hero 642 rotary nickel-titanium instruments. Int Endod J 2001 Dec;34(8):631-636.

(130) Rangel S, Cremonese R, Bryant S, Dummer P. Shaping ability of RaCe rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. J Endod 2005 Jun;31(6):460-463.

(131) Rhodes JS, Ford TR, Lynch JA, Liepins PJ, Curtis RV. Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. Int Endod J 1999 May;32(3):165-170.

(132) Schafer E, Vlassis M. Comparative investigation of two rotary nickel-titanium instruments: ProTaper versus RaCe. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. Int Endod J 2004 Apr;37(4):229-238.

(133) Javaheri HH, Javaheri GH. A comparison of three Ni-Ti rotary instruments in apical transportation. J Endod 2007 Mar;33(3):284-286.

(134) Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of Lightspeed rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 2. J Endod 1997 Dec;23(12):742-747.

(135) Sydney GB, Batista A, de Melo LL. The radiographic platform: a new method to evaluate root canal preparation in vitro. J Endod 1991 Nov;17(11):570-572.

(136) Available at: http://www.planmeca.com.pe/equipos-de-rx-panoramicos-3d-2/concepto-planmeca-promax-3d/planmeca-promax-3d-mid/.

(137) van der Borden WG, Wu MK, Wesselink PR. Percentages of gutta-percha-filled canal area observed after increased apical enlargement. J Endod 2010 Jan;36(1):139-142.

(138) Sathorn C, Palamara JE, Messer HH. A comparison of the effects of two canal preparation techniques on root fracture susceptibility and fracture pattern. J Endod 2005 Apr;31(4):283-287.

(139) Adorno CG, Yoshioka T, Suda H. Crack initiation on the apical root surface caused by three different nickel-titanium rotary files at different working lengths. J Endod 2011 Apr;37(4):522-525.

(140) McSpadden J. Mastering endodontic instrumentation.
. Tenessee: Cloudland Institute; 2007.

(141) Haapasalo M, Udnaes T, Endal U. Persistent, recurrent, and acquired infection of the root canal system post- treatment. Endodontic Topics 2003;6:29-56.

(142) Bowman CJ, Baumgartner JC. Gutta-percha obturation of lateral grooves and depressions. J Endod 2002 Mar;28(3):220-223.

(143) Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. Dent Clin North Am 1974 Apr;18(2):269-296.

(144) Hulsmann M, Gressmann G, Schafers F. A comparative study of root canal preparation using FlexMaster and HERO 642 rotary Ni-Ti instruments. Int Endod J 2003 May;36(5):358-366.

(145) Buchanan L. Cleaning and shaping the root canal system. In: Cohen S, Burns R, editors. Pathways of the pulp. 5th ed ed. St. Louis: CV Mosby; 1991. p. 166-192.

(146) Holland R, Sant'Anna Junior A, Souza V, Dezan Junior E, Otoboni Filho JA, Bernabe PF, et al. Influence of apical patency and filling material on healing process of dogs' teeth with vital pulp after root canal therapy. Braz Dent J 2005;16(1):9-16.

(147) Berutti E, Paolino DS, Chiandussi G, Alovisi M, Cantatore G, Castellucci A, et al. Root canal anatomy preservation of WaveOne reciprocating files with or without glide path. J Endod 2012 Jan;38(1):101-104.

(148) Berutti E, Cantatore G, Castellucci A, Chiandussi G, Pera F, Migliaretti G, et al. Use of nickel-titanium rotary PathFile to create the glide path: comparison with manual preflaring in simulated root canals. J Endod 2009 Mar;35(3):408-412.

(149) Pasqualini D, Bianchi CC, Paolino DS, Mancini L, Cemenasco A, Cantatore G, et al. Computed micro-tomographic evaluation of glide path with nickel-titanium rotary PathFile in maxillary first molars curved canals. J Endod 2012 Mar;38(3):389-393.

(150) Yared GM, Bou Dagher FE, Machtou P. Cyclic fatigue of Profile rotary instruments after simulated clinical use. Int Endod J 1999 Mar;32(2):115-119.

(151) Zuolo ML, Walton RE. Instrument deterioration with usage: nickel-titanium versus stainless steel. Quintessence Int 1997 Jun;28(6):397-402.

(152) Gambarini G. Cyclic fatigue of ProFile rotary instruments after prolonged clinical use. Int Endod J 2001 Jul;34(5):386-389.

(153) Shen Y, Cheung GS, Bian Z, Peng B. Comparison of defects in ProFile and ProTaper systems after clinical use. J Endod 2006 Jan;32(1):61-65.

(154) Parashos P, Gordon I, Messer HH. Factors influencing defects of rotary nickel-titanium endodontic instruments after clinical use. J Endod 2004 Oct;30(10):722-725.

(155) Parashos P, Messer HH. Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. J Endod 2006 Nov;32(11):1031-1043.

ANEXOS

ANEXO I: CARTA DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS

Universitat Internacional de Catalunya

Sr. **Pablo Bragado Novel**

Benvolgut Sr.

Per la present, li comunico que la Comissió Acadèmica del Doctorat en odontologia, en la seva sessió del **23 de novembre del 2012**, i un cop estudiada la seva sol·licitud ha acordat:

S'acorda admetre al Sr. Pablo Bragado Novel al Període de Recerca del Doctorat en Odontologia.

S'acorda aprovar el Projecte de Tesi titulat "Comparación de la deformación apical producida por la utilización de limas rotatorias de pequeño calibre durante su uso como limas de pasaje" i nomenar el Dr. Fernando Durán-Sindreu Terol com a Director de la Tesi.

Addicionalment, s'informa que la normativa de la UIC estableix que cal obtenir una avaluació favorable del Comitè d'Ètica en la Recerca, abans de la posada en marxa de la investigació. Haurà d'aportar aquest informe quan l'obtingui.

Aprofito l'avinentesa per saludar-la cordialment,

Universitat Internacional de Catalunya
Facultat d'Odontologia

Dra Montserrat Mercadé i Bellido
Coordinadora Comissió Acadèmica de Doctorat en Odontologia
Facultat d'Odontologia

Sant Cugat del Vallès, 23 de novembre del 2012

ANEXO II: CARTA DE APROBACIÓN DEL COMITÉ DE ÉTICA

CER Comitè d'Ètica de Recerca | Universitat Internacional de Catalunya

CARTA APROVACIÓ PROJECTE PEL CER

Codi de l'estudi: END-EL-2012-02
Versió del protocol: 1.0
Data de la versió: 29/11/2013
Títol: "Comparación de la deformación apical producida por la utilización de limas rotatorias de pequeño calibre durante su uso como limas de pasaje"

Sant Cugat del Vallès, 10 d'abril de 2015

Investigador: Pablo Bragado

Títol de l'estudi: "Comparación de la deformación apical producida por la utilización de limas rotatorias de pequeño calibre durante su uso como limas de pasaje".

Benvolgut,

Valorat el projecte presentat, el CER de la Universitat Internacional de Catalunya, considera que, des del punt de vista ètic, reuneix els criteris exigits per aquesta institució i, per tant, ha

RESOLT FAVORABLEMENT

emetre aquest CERTIFICAT D'APROVACIÓ per part del Comitè d'Ètica de la Recerca, per que pugui ser presentat a les instàncies que així ho requereixin.

Em permeto recordar-li que si en el procés d'execució es produís algun canvi significatiu en els seus plantejaments, hauria de ser sotmès novament a la revisió i aprovació del CER.

Atentament,

Dr. Josep Argemí
President CER-UIC

ANEXO III: TABLAS DE DEFORMACIÓN Y CAPACIDAD DE CENTRADO

TABLAS DE CANTIDAD DE DEFORMACIÓN Y CAPACIDAD DE CENTRADO PRODUCIDO POR LOS DIFERENTES INSTRUMENTOS PROFILE Y S-APEX

	Transporte Eje Vestibulo-Palatino (µm)	**Transporte Eje Mesio-Distal (µm)**
N. Muestra		
15.06-1	134,16	2,9
15.06-2	4,91	28,48
15.06-3	18,66	20,59
15.06-4	32,14	13,86
15.06-5	161,53	83,88
15.06-6	82,65	0
15.06-7	24,50	14,19
15.06-8	79,18	32,12
15.06-9	33,61	4,18
15.06-10	22,41	28,95
15.06-11	28,73	14,56
Medias	32,14	22,15

Tabla 1: Medidas de Transporte en los ejes Vestibulo-Palatino y Mesio-Distal después de la utilización de la lima ProFile 15.06.

	Transporte Eje Vestibulo-Palatino (µm)	**Transporte Eje Mesio-Distal (µm)**
N. Muestra		
20.06-1	150,83	1,05
20.06-2	20,52	56,37
20.06-3	8,2	22,69
20.06-4	37,61	19,08
20.06-5	155,90	57,93
20.06-6	90,45	4,56
20.06-7	15,88	27,44
20.06-8	100,60	54,80
20.06-9	62,19	5,42
20.06-10	18,88	17,21
20.06-11	128,74	8,70
Medias	62,64	25,50

Tabla 2: Medidas de Transporte en los ejes Vestibulo-Palatino y Mesio-Distal después de la utilización de la lima ProFile 20.06.

	Transporte Eje Vestibulo-Palatino (µm)	**Transporte Eje Mesio-Distal (µm)**
N. Muestra		
25.06-1	9,95	40,40
25.06-2	17,76	22,52
25.06-3	43,70	29,95
25.06-4	160,74	38,54
25.06-5	95,3	17,64
25.06-6	31,46	34,51
25.06-7	81	47,89
25.06-8	72,90	3,77
25.06-9	36,71	20,02
25.06-10	43,45	44,87
25.06-11	0	39,11
Medias	65,61	28,07

Tabla 3: Medidas de Transporte en los ejes Vestibulo-Palatino y Mesio-Distal después de la utilización de la lima ProFile 25.06.

	Transporte Eje Vestibulo-Palatino (µm)	**Transporte Eje Mesio-Distal (µm)**
N. Muestra		
SAp15-1	0	39,11
SAp15-2	0	0
SAp15-3	7,55	2,25
SAp15-4	12,40	52,05
SAp15-5	19,86	77,75
SAp15-6	66,54	28,56
SAp15-7	28,22	6,45
SAp15-8	0	6,51
SAp15-9	14,40	14,01
SAp15-10	0,03	0
SAp15-11	2,19	18,25
Medias	13,74	22,26

Tabla 4: Medidas de Transporte en los ejes Vestibulo-Palatino y Mesio-Distal después de la utilización de la lima S-Apex #15.

	Transporte Eje Vestibulo-Palatino (µm)	**Transporte Eje Mesio-Distal (µm)**
N. Muestra		
SAp20-1	10,74	69,49
SAp20-2	0	8,06
SAp20-3	10,76	1,17
SAp20-4	20,55	67,09
SAp20-5	5,33	80,66
SAp20-6	72,20	67,99
SAp20-7	42,84	5,12
SAp20-8	0,28	28,27
SAp20-9	18,14	23,83
SAp20-10	7,37	7,12
SAp20-11	10,61	30,74
Medias	18,07	35,41

Tabla 5: Medidas de Transporte en los ejes Vestibulo-Palatino y Mesio-Distal después de la utilización de la lima S-Apex #20.

	Transporte Eje Vestibulo-Palatino (µm)	**Transporte Eje Mesio-Distal (µm)**
N. Muestra		
SAp25-1	12,37	69,63
SAp25-2	4,68	18,47
SAp25-3	10,50	6,15
SAp25-4	14,15	79,65
SAp25-5	2,84	92,68
SAp25-6	89,83	116,58
SAp25-7	57,02	23,04
SAp25-8	14,56	49,10
SAp25-9	25,26	25,04
SAp25-10	15,92	8,83
SAp25-11	16,88	11,66
Medias	24,00	45,53

Tabla 6: Medidas de Transporte en los ejes Vestibulo-Palatino y Mesio-Distal después de la utilización de la lima S-Apex #25.

	Capacidad de Centrado Eje Vestibulo-Palatino (µm)	**Capacidad de Centrado Eje Mesio-Distal (µm)**
N. Muestra		
15.06-1	0,01	0,71
15.06-2	0,2	0,03
15.06-3	0,05	0,09
15.06-4	0,03	0,07
15.06-5	0,10	0,01
15.06-6	0,32	0,98
15.06-7	0,04	0,07
15.06-8	0,01	0,03
15.06-9	0,02	0,16
15.06-10	0,37	0,07
15.06-10	0,03	0,06
Medias	0,12	0,22

Tabla 6: Medidas de Capacidad de Centrado en los ejes Vestibulo-Palatino y Mesio-Distal después de la utilización de la lima ProFile 15.06.

	Capacidad de Centrado Eje Vestibulo-Palatino (µm)	**Capacidad de Centrado Eje Mesio-Distal (µm)**
N. Muestra		
20.06-1	0,01	0,93
20.06-2	0,04	0,01
20.06-3	0,48	0,31
20.06-4	0,02	0,05
20.06-5	0,29	0,34
20.06-6	0,34	0,21
20.06-7	0,54	0,03
20.06-8	0,01	0,01
20.06-9	0,01	0,28
20.06-10	0,48	0,47
20.06-11	0,03	0,07
Medias	0,20	0,24

Tabla 7: Medidas de Capacidad de Centrado en los ejes Vestibulo-Palatino y Mesio-Distal después de la utilización de la lima ProFile 20.06.

	Capacidad de Centrado Eje Vestibulo-Palatino (µm)	**Capacidad de Centrado Eje Mesio-Distal (µm)**
N. Muestra		
25.06-1	0,16	1,52
25.06-2	0,60	0,29
25.06-3	0,39	0,32
25.06-4	0,02	0,03
25.06-5	0,37	0,64
25.06-6	0,35	0,05
25.06-7	0,39	0,03
25.06-8	0,25	0,19
25.06-9	0,01	0,66
25.06-10	0,34	0,64
25.06-11	0,21	0,02
Medias	0,26	0,40

Tabla 8: Medidas de Capacidad de Centrado en los ejes Vestibulo-Palatino y Mesio-Distal después de la utilización de la lima ProFile 25.06.

	Capacidad de Centrado Eje Vestibulo-Palatino (µm)	**Capacidad de Centrado Eje Mesio-Distal (µm)**
N. Muestra		
SAp15-1	1	0,02
SAp15-2	1	1
SAp15-3	0,38	0,85
SAp15-4	0,41	0,01
SAp15-5	0,71	0,01
SAp15-6	0,01	0,25
SAp15-7	0,03	0,15
SAp15-8	1	0,15
SAp15-9	0,06	0,07
SAp15-10	0,96	1
SAp15-11	0,45	0,30
Medias	0,55	0,35

Tabla 9: Medidas de Capacidad de Centrado en los ejes Vestibulo-Palatino y Mesio-Distal después de la utilización de la S-Apex #15.

	Capacidad de Centrado Eje Vestibulo-Palatino (µm)	Capacidad de Centrado Eje Mesio-Distal (µm)
N. Muestra		
SAp20-1	0,09	0,02
SAp20-2	1	1
SAp20-3	0,65	0,94
SAp20-4	0,63	0,01
SAp20-5	0,48	0,01
SAp20-6	0,19	0,18
SAp20-7	0,02	0,78
SAp20-8	0,64	0,03
SAp20-9	0,05	0,04
SAp20-10	0,55	0,62
SAp20-11	0,09	0,24
Medias	0,40	0,35

Tabla 10: Medidas de Capacidad de Centrado en los ejes Vestibulo-Palatino y Mesio-Distal después de la utilización de la S-Apex #20.

	Capacidad de Centrado Eje Vestibulo-Palatino (µm)	Capacidad de Centrado Eje Mesio-Distal (µm)
N. Muestra		
SAp25-1	0,46	0,01
SAp25-2	0,51	0,41
SAp25-3	0,76	0,82
SAp25-4	0,56	0,01
SAp25-5	0,02	0,01
SAp25-6	0,17	0,12
SAp25-7	0,23	0,65
SAp25-8	0,28	0,09
SAp25-9	0,03	0,03
SAp25-10	0,61	0,65
SAp25-11	0,36	0,77
Medias	0,36	0,32

Tabla 9: Medidas de Capacidad de Centrado en los ejes Vestibulo-Palatino y Mesio-Distal después de la utilización de la S-Apex #15.

TABLAS DE CANTIDAD DE DEFORMACIÓN Y CAPACIDAD DE CENTRADO PRODUCIDO POR LOS DIFERENTES INSTRUMENTOS AL REALIZAR LA PERMEABILIDAD

	Transporte Eje Vestibulo-Palatino (µm)	**Transporte Eje Mesio-Distal (µm)**
N. Muestra		
K1	4,92	10,14
K2	6,80	6,52
K3	9,21	1,60
K4	0	0
K5	3,84	45,64
K6	0	28,63
K7	17,52	3,35
K8	25,13	2,60
K9	9,63	9,63
K10	9,99	17,29
K11	40,59	41,70
K12	8,03	8,03
K13	21,38	13,33
K14	48,97	17,97
K15	60,71	22,38
Medias	17,78	15,25

Tabla10. Medidas de Transporte en los ejes Vestibulo-Palatino y Mesio-Distal después de la utilización de la lima K#10 como instrumento de permeabilidad .

	Transporte Eje Vestibulo-Palatino (µm)	**Transporte Eje Mesio-Distal (µm)**
N. Muestra		
PtF1	24,81	8,56
PtF2	48,62	7,51
PtF3	60,49	20,10
PtF4	23,57	45,06
PtF5	45,64	0
PtF6	8,15	5,67
PtF7	9,16	7,93
PtF8	50,30	12,39
PtF9	8,13	5,00
PtF10	1,17	0
PtF11	6,38	1,20
PtF12	2,76	16,73
PtF13	13,73	17,22
PtF14	25,59	42,52
Ptf15	22,38	24,55
Medias	23,39	14,29

Tabla 11. Medidas de Transporte en los ejes Vestibulo-Palatino y Mesio-Distal después de la utilización de la lima Pathfile 13.02 como instrumento de permeabilidad

	Transporte Eje Vestibulo-Palatino (µm)	**Transporte Eje Mesio-Distal (µm)**
N. Muestra		
SR1	0	56,40
SR2	44,59	56,22
SR3	6,76	0
SR4	5,81	0,28
SR5	4,53	3,84
SR6	0	1,47
SR7	5,81	0
SR8	22,54	0
SR9	0,46	14,49
SR10	49,97	43,74
SR11	0	0,12
SR12	3,54	2,96
SR13	0	11,25
SR14	1,37	6,122
SR15	0	0
Medias	9,69	13,12

Tabla 12. Medidas de Transporte en los ejes Vestibulo-Palatino y Mesio-Distal después de la utilización de la lima ScoutRace 10.02 como instrumento de permeabilidad

	Capacidad de Centrado Eje Vestibulo-Palatino (µm)	**Capacidad de Centrado Eje Mesio-Distal (µm)**
N. Muestra		
K1	0	0
K2	0,52	0
K3	0	0
K4	0	0
K5	0	0
K6	0	0
K7	0,05	0,65
K8	0	0,89
K9	0	0
K10	0	0
K11	0	0,16
K12	0	0
K13	0	0
K14	0,13	0,054
K15	0	0
Medias	0,11	0,04

Tabla 13. Medidas de Capacidad de Centrado en los ejes Vestibulo-Palatino y Mesio-Distal después de la utilización de la lima K#10 como instrumento de permeabilidad

	Capacidad de Centrado Eje Vestibulo-Palatino (µm)	**Capacidad de Centrado Eje Mesio-Distal (µm)**
N. Muestra		
PtF1	0,41	0
PtF2	0	0
PtF3	0,11	0
PtF4	0	0
PtF5	0	0
PtF6	0,53	0
PtF7	0,37	0,54
PtF8	0	0,30
PtF9	0,47	0,16
PtF10	0	0
PtF11	0	0,74
PtF12	0,77	0,45
PtF13	0	0
PtF14	0,35	0,13
Ptf15	0	0
Medias	0,20	0,15

Tabla 14. Medidas de Capacidad de Centrado en los ejes Vestibulo-Palatino y Mesio-Distal después de la utilización de la lima PathFile 13.02 como instrumento de permeabilidad.

	Capacidad de Centrado Eje Vestibulo-Palatino (µm)	**Capacidad de Centrado Eje Mesio-Distal (µm)**
N. Muestra		
SR1	0	0
SR2	0,21	0
SR3	0	0
SR4	0,51	0,85
SR5	0,43	0
SR6	0	0,78
SR7	0	0
SR8	0,31	0
SR9	0	0,24
SR10	0	0,06
SR11	0	0,20
SR12	0,22	0,06
SR13	0	0,26
SR14	0	0
SR15	0	0
Medias	0,09	0,10

Tabla 15. Medidas de Capacidad de Centrado en los ejes Vestibulo-Palatino y Mesio-Distal después de la utilización de la lima ScoutRace 10.02 como instrumento de permeabilidad.