

Comparación de los sistemas de instrumentación rotatoria K3® y K3 XF®

Juan Gonzalo Olivieri Fernández

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.



TESIS DOCTORAL

COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN
ROTATORIA K3[®] y K3 XF[®]

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

JUAN GONZALO OLIVIERI FERNANDEZ

DIRECTOR
Dr. Fernando Durán-Sindreu Terol

Barcelona, 2015

A Paul Mindja

AGRADECIMIENTOS

A mi director, el Dr. Fernando Durán-Sindreu, porque sin su apoyo no habría sido capaz de realizar este proyecto. Gracias por todo el tiempo dedicado, los consejos, el apoyo y ayuda desinteresada.

A la Dra. Montse Mercadé y la Dra. Eva Stöber, por el tiempo y el apoyo dedicado especialmente durante los primeros pasos.

A mi amigo Marc García Font, por estar siempre, por ayudarme incondicionalmente sin esperar nada a cambio, por ser un gran apoyo en el día a día desde que nos conocemos.

A todos mis compañeros y profesores del departamento de Restauradora Dental y Endodoncia, el Dr. Sergio Morelló, el Dr. Rufino Bueno, el Dr. Miguel Roig.

A mis padres Juan Domingo y María Teresa, que me han inculcado los valores del esfuerzo y búsqueda constante de la superación personal y profesional. Gracias.

A mis hermanas, Naila y Adriana por enseñarme a ver más allá.

A mis abuelos Marcelino y Teresa por su amor incondicional, por ser un modelo y ejemplo a seguir.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
1. JUSTIFICACIÓN	15
2. ESTADO DE LA CUESTIÓN	19
2.1. Limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares.....	22
2.1.1. Factores anatómicos	22
2.1.1.1. La constricción apical.....	22
2.1.1.2. El área de peligro	23
2.2. Iatrogenia durante la preparación mecánica de los conductos	24
2.3. Transporte durante la preparación mecánica	27
2.3.1. Transporte y ensanchamiento apical	28
2.3.2. Transporte coronal y área de peligro.....	30
2.4. Efecto de la instrumentación sobre los instrumentos de Ni-Ti	30
2.4.1. Uso de los instrumentos.....	30
2.4.2. Defectos de los instrumentos rotatorios de Ni-Ti	31
2.5. Instrumentos rotatorios de Ni-Ti	33
2.5.1. Sistema K3	34
2.5.2. Sistema K3XF	36
2.5.3. La fase-R	38

3. HIPÓTESIS DE TRABAJO	41
3.1. Hipótesis nula.....	43
3.2. Hipótesis alternativas	43
4. OBJETIVOS	45
4.1. Objetivo general.....	47
4.2. Objetivos específicos	47
5. MATERIAL Y MÉTODO	49
5.1. Estudio 1	51
5.1.1. Cálculo del tamaño de la muestra.....	51
5.1.2. Procedimiento	51
5.1.3. Análisis estadístico	54
5.2. Estudio 2	55
5.2.1. Cálculo del tamaño de la muestra.....	55
5.2.2. Procedimiento	55
5.2.3. Análisis estadístico	57
5.3. Estudio 3	58
5.3.1. Selección de la muestra.....	58
5.3.2. Procedimiento	58
5.3.3. Análisis estadístico	59
6. RESULTADOS.....	61
6.1. Estudio 1	63
6.1.1. Transporte apical y pérdida de longitud de trabajo.....	63
6.1.2. Tiempo de trabajo.....	66

6.2. Estudio 2	67
6.2.1. Transporte coronal.....	67
6.2.2. Ratio de centrado	69
6.2.3. Remoción de dentina hacia el área de peligro	71
6.3. Estudio 3	73
6.3.1. Acuerdo entre examinadores.....	73
6.3.2. Evaluación de los defectos producidos.....	73
7. DISCUSIÓN	77
7.1. Discusión de metodología.....	79
7.1.1. Dientes naturales o cubiletes de resina.....	79
7.1.2. Decoronación.....	80
7.1.3. Esterilización de los instrumentos	80
7.1.4. Circuito de irrigación: abierto o cerrado.....	81
7.1.5. Selección del modelo: fantoma y maniquí	81
7.1.6. Selección de los sistemas de instrumentación.....	82
7.1.7. Selección la secuencia de instrumentación.....	82
7.1.8. Selección del calibre apical	83
7.1.9. Selección del número de usos	84
7.1.10. Evaluación del transporte apical	84
7.1.11. Evaluación del transporte coronal y grosor de dentina.....	86
7.1.12. Evaluación de los defectos producidos en los instrumentos	86
7.2. Discusión de resultados	87
7.2.1. Transporte apical y pérdida de longitud de trabajo	87
7.2.2. Tiempo de instrumentación	89

7.2.3. Transporte coronal, ratio de centrado y remoción de dentina.....	89
7.2.4. Deterioro de los instrumentos.....	91
8. CONCLUSIONES	93
9. PERSPECTIVAS DE FUTURO.....	97
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101

ANEXOS

I. Carta de aprobación del proyecto de tesis.....	115
II. Carta de aprobación del CER.....	117
III. Artículo correspondiente al estudio 1 publicado en el “ <i>Journal of Endodontics</i> ”	119
IV. Carta de aceptación correspondiente al estudio 2 aceptado en el “ <i>Journal of Clinical and Experimental Dentistry</i> ”	125
V. Mediciones de ángulo, radio de curvatura y sistema utilizado	127
VI. Mediciones de transporte apical según instrumento y uso.....	129
VII. Mediciones del tiempo de instrumentación	137
VIII. Valores de transporte coronal en las dos direcciones	139
IX. Valores de ratio de centrado en las dos direcciones.....	147
X. Valores de grosor de dentina durante la instrumentación	155
XI. Resumen.....	163

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Secciones transversales de los instrumentos K3 y K3XF	34
Figura 2. Dibujo esquemático del modelo utilizado en este estudio.....	53
Figura 3. Medición de las secciones y superposición de las preparaciones con las distintas limas de ensanchamiento apical por colores siguiendo la normativa ISO.....	56
Figura 4. Diagrama de barras correspondiente al número de instrumentos por sistema que presentaron o no algún tipo de defecto.....	74
Figura 5. Imágenes representativas de los defectos producidos tras el segundo uso. A: enderezamiento leve; B: enderezamiento avanzado; C: desespiración.....	74
Figura 6. Diagrama de barras correspondiente al tipo de defecto que mostraron los instrumentos por sistema de instrumentación	75
Figura 7. Imágenes representativas de las puntas tras el segundo uso de los instrumentos K3 (A) y K3XF (B) con numerosos microporos del segundo anteriormente reportados por Ha y cols. (4)	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparación del transporte apical y la pérdida de longitud de trabajo en la visión mesiodistal (MD) en los diferentes niveles evaluados. Medias y desviaciones estándar (DS) expresadas en μm	63
Tabla 2: Comparación del transporte apical y la pérdida de longitud de trabajo en la visión vestibulolingual (VL) en los diferentes niveles evaluados. Medias y desviaciones estándar (DS) expresadas en μm	64
Tabla 3 Media de tiempo de preparación (segundos) y desviación estándar (DS) de los dos sistemas evaluados.....	65
Tabla 4: Comparación del transporte coronal a 1, 2 y 3 mm bajo el nivel de furca en dirección mesiodistal (MD) y vestibulolingual (VL). Valores de tendencia central (Mediana) y de dispersión (IQR) expresados en μm	67
Tabla 5: Análisis estadístico de los valores de Ratio de Centrado para los grupos testados a 1, 2 y 3 mm bajo el nivel de furca en dirección mesiodistal (MD) y vestibulolingual (VL).....	70
Tabla 6: Comparación de remoción de dentina hacia el área de peligro para los grupos testados a 1, 2 y 3 mm bajo el nivel de furca. Medianas y rangos intercuartílicos (IQR) expresados en mm.....	71
Tabla 7: Tabla cruzada representativa del número de instrumentos por defecto detectado.....	73

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

1. JUSTIFICACIÓN

Desde la introducción de los instrumentos de Níquel-Titanio (NiTi) para la preparación de conductos la continua búsqueda en la mejora de éstos no ha cesado. La aparición de nuevos sistemas no se ha interrumpido, presentando diferentes características entre ellos como: nuevas secciones transversales, conicidades variable y continuas, secuencia, reducción del número de instrumentos, incluso se han introducido cambios en el movimiento del instrumento, distintos grados de rotación recíprocante o alternos, etc. Dentro de estos cambios, en los últimos 10 años se han introducido incluso modificaciones de la propia aleación. De esas modificaciones se desarrollaron los primeros instrumentos con la tecnología Fase-R (Sybron Endo, Glendora, CA) las Twisted Files la cual consiste en un tratamiento térmico que llevan al instrumento a un ligero cambio en la fase de su estructura cristalina (1).

Recientemente se ha utilizado esta tecnología fase-R para modificar las propiedades mecánicas de la aleación de NiTi de las limas K3 (Sybron Endo). El resultado ha sido las limas K3XF (Sybron Endo). Un proceso termomecánico que ha reportado una mejora en las propiedades de los instrumentos de NiTi (1, 2). Las limas K3XF poseen una mayor resistencia a la fatiga cíclica tanto en rotación continua (un 43% superior para conicidades del .04 y un 37% superior para las del .06) como en rotación recíprocante (3) comparado con las limas K3, manteniendo la misma resistencia torsional (4).

Geoméricamente son instrumentos idénticos: sección transversal en triple U con tres bordes cortantes, tres apoyos radiales y tres “flutes” (5). Únicamente difieren en el post-tratamiento de la aleación. Por lo tanto nos permite evaluar diferencias entre dichos instrumentos que únicamente serían atribuibles a esta tecnología, la fase-R.

Durante la preparación mecánica del sistema de conductos, el diente está sometido a la predisposición de una serie de complicaciones propias del resultado de la instrumentación en sí misma (3), tales como el debilitamiento de las paredes de

dentina, el transporte del conducto con pérdida o no de longitud de trabajo, perforaciones y/o los defectos producidos en la dentina tales como grietas o cracs.

Existen múltiples instrumentos para la preparación de conductos radiculares. Los fabricantes afirman su eficacia, seguridad, rapidez y facilidad de uso entre otros. Estas afirmaciones por tanto deben ser contrastadas con estudios científicos (6).

En la literatura no existen estudios que evalúen y comparen los sistemas K3[®] (Sybron Endo, EUA) y K3XF[®] en términos de transporte, remoción de dentina hacia el área de peligro o formación de defectos dentinarios en molares inferiores instrumentados y cómo afecta a estos parámetros el incremento progresivo del ensanchamiento apical hasta un calibre apical de #40.04 en un modelo de maniquí.

2. ESTABLISHING A POSITIONING STRATEGY

La introducción del nitinol en la práctica endodóntica propuesta por Walia en 1988 (7) ha supuesto un avance en comparación con los instrumentos convencionales de acero inoxidable. Los instrumentos de Ni-Ti han proporcionado una marcada mejora en la capacidad de corte y flexibilidad de los instrumentos (8) lo que se traduce en una menor fuerza sobre las paredes de los conductos comparado con los instrumentos de acero inoxidable (9). Esta mejora permite una preparación del sistema de conductos con un aumento en la preservación de la anatomía intraradicular. Sin embargo, uno de las mayores preocupaciones sigue siendo la separación o fractura de los instrumentos por fatiga cíclica, que ocurre de manera inesperada sin ningún signo previo de deformación plástica.

Para eliminar estos inconvenientes y reducir el riesgo de fallo de los instrumentos, es donde los fabricantes e investigadores se han centrado en los últimos años. Una de esas mejoras comprende todas las modificaciones ya no en el diseño del instrumento, sino en las propiedades físicas de los mismos. Por lo tanto uno de los objetivos ha sido la producción de unas aleaciones más resistentes a la fractura tanto cíclica como por torsión. Dentro de esas modificaciones, en 2008 Sybron Endo lanza comercialmente durante el congreso de la Asociación Americana de Endodoncia en Vancouver las limas Twisted Files, presentando así la Fase R (SybronEndo, Glendora, CA).

Esta nueva fase R, que debe su nombre a una distorsión romboédrica de la fase cubica austenítica, es en sí, una fase martensítica. Por tanto es una fase distorsionada cuyos átomos se desplazan en respuesta a una energía (10). Esta nueva fase no solo permitió fabricar instrumentos por torsión como son los TF, sino que también una modificación de los instrumentos rotatorios K3 permitió la aparición de los instrumentos K3XF. Los nuevos instrumentos producidos por este tratamiento térmico han mostrado unas condiciones mecánicas y físicas superiores en comparación con los instrumentos fabricados con la aleación tradicional de Ni-Ti (11, 12).

2.1 LIMPIEZA Y CONFORMACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCTOS RADICULARES

El éxito del tratamiento endodóntico depende de muchos factores como son la etiología de la patología, la respuesta del huésped, la anatomía interna dentaria, fases propias del tratamiento endodóntico como la determinación de la longitud de trabajo, la conformación de los conductos, la irrigación, la obturación, la restauración coronal final o la oclusión.

Los cinco objetivos de diseño de la preparación mecánica de los conductos propuestos en 1974 por Schilder (13) permanecen todavía vigentes.

1. Una preparación progresivamente cónica desde el ápice hasta el acceso coronal.
2. El diámetro de la sección transversal debería ser más estrecho en cada punto en dirección apical.
3. La preparación producida debería fluir con la forma original del conducto.
4. El foramen apical debería permanecer en su posición inicial.
5. El foramen apical debería mantenerse lo más prácticamente pequeño posible.

2.1.1 Factores anatómicos

2.1.1.1 La constricción apical

La constricción apical se refiere a la zona más estrecha del conducto radicular donde convergen el tejido pulpar y el periodontal. Desde hace tiempo esta zona ha sido propuesta como terminación ideal de la instrumentación y obturación de los conductos radiculares (13). Cualquier extensión más allá de esta zona tanto durante la preparación como la obturación puede suponer un retraso de la curación o comprometer el pronóstico del tratamiento endodóntico (14). Además cuando la preparación y obturación están confinadas a la constricción apical el pronóstico es mejor que en preparaciones cortas o largas

respecto a este punto (15). Sin embargo la complicación reside en que la constricción no está siempre presente o es fácil de identificar (16).

Forma y diámetro de la constricción apical

El estudio de la constricción apical ha mostrado determinadas irregularidades en su forma (17, 19). Según los resultados de la literatura esta zona no es uniformemente redonda, sino que es irregular y de tipo más oval que redonda (17-19). Por lo tanto, puesto que la porción apical del sistema de conductos podría retener microorganismos que podrían potencialmente causar una inflamación perirradicular, el mayor diámetro de la constricción es la que debería tenerse en cuenta a la hora de planificar la instrumentación del conducto (20). Entra entonces en juego el diámetro de la constricción apical.

No existe un consenso claro de hasta que calibre se debería ensanchar a nivel apical. Sin embargo la literatura nos marca que un mayor calibre apical permite una marcada mejora en la remoción de tejido y acceso al tercio apical de los irrigantes y medicación intraconducto con una reducción estadísticamente significativa de las bacterias remanentes (21, 23, 24). Por ejemplo, Salzberg y cols. (22) proponen que un ensanchamiento apical hasta un calibre de 35 es suficiente para que los irrigantes accedan al tercio apical. En esa línea de terminaciones apicales amplias, diversos autores han propuesto preparaciones hasta un calibre de 40 para la obtención de mejores resultados para la eliminación de tejido infectado y el acceso de los irrigantes a la zona apical (21, 23-25).

2.1.1.2 El área de peligro

Existe una concavidad distal en la raíz mesial de las raíces mesiales y una concavidad mesial en las raíces distales de molares mandibulares. Esta concavidad presenta una distancia más reducida hasta el margen externo de los conductos radiculares de lo que aparentemente se aprecia mediante radiografías intraorales (26-28) En nuestro estudio nos centraremos en la concavidad distal

de las raíces mesiales de los molares inferiores, puesto que ha sido determinado que son las de mayor profundidad, y por lo tanto las de mayor complejidad de abordaje durante la limpieza y conformación. La distancia desde la pared de los conductos mesiales hasta la superficie distal de la raíz oscila entre un rango de 0.7 a 1.25 mm (26, 29-31). Esta área que se localiza por debajo del nivel de la furca de las raíces mesiales de los molares mandibulares fue descrita por Abou-Rass and Glick en 1980 y se denominó área de peligro (27). Durante la instrumentación de los conductos en esta área se produce una reducción en la superficie de dentina que puede resultar en un debilitamiento de la misma por lo que está sujeta un mayor riesgo de debilitamiento o incluso un aumento del riesgo de perforación o stripping (29, 32).

Por lo tanto es importante conseguir preparaciones con un ensanchamiento apical adecuado pero que no supongan una remoción excesiva en el tercio coronal que comprometan la resistencia de los dientes a las fuerzas de oclusión funcionales.

2.2 IATROGENIA DURANTE LA PREPARACIÓN MECÁNICA DE LOS CONDUCTOS RADICULARES

Los principales objetivos de la preparación de los conductos radiculares son la prevención y/o curación de la infección perirradicular en los casos que ésta esté presente (9). Para conseguir dichos objetivos se debe preservar la integridad y la anatomía intraradicular y la evitar cualquier daño iatrogénico durante la instrumentación.

A pesar de la introducción de instrumentos de níquel-titanio para la práctica endodóntica, los errores iatrogénicos descritos por Weine en 1975 (33) y posteriormente por Glickmann y Dumsha en 1997 (34) se siguen produciendo, aunque se han reducido comparado con los producidos durante la instrumentación con instrumentos de acero inoxidable. La separación de los instrumentos es una preocupación constante a tener en cuenta durante la preparación mecánica de los conductos radiculares, especialmente en los casos donde el conducto presenta una curvatura severa.

A continuación se describe la lista de errores iatrogénicos con las definiciones propuestas por la Asociación Americana de Endodoncia (35)

Deformación apical

Forma elíptica que puede formarse en el foramen apical como resultado de la preparación de un conducto curvo cuando el instrumento se extiende más allá del foramen apical y consecuentemente se produce un transporte de la pared externa.

Ocurre como resultado, como la mayoría de errores durante la instrumentación de la tendencia de los instrumentos a enderezarse dentro de un conducto curvo.

Codo

Es la parte más estrecha de la preparación de un conducto inmediatamente coronal a la porción transportada o “zip”. La irregularidad de la conicidad producida y la falta de continuidad de la misma puede comprometer la limpieza y obturación del tercio apical del conducto radicular.

Escalón

Se define como una irregularidad artificial creada en la superficie del conducto radicular en el proceso de instrumentación que impide el paso de instrumentos más allá de este punto hasta el ápice. La formación de escalones está relacionada además de al grado de curvatura del conducto al diseño de los instrumentos (36, 37)

Perforación

La comunicación, mecánica en este caso, entre el sistema de conductos y la superficie exterior de la superficie del diente. Se asocian a destrucción del cemento radicular con la consecuente irritación del ligamento periodontal adyacente.

Stripping

Completa penetración de una pared de un conducto radicular debido a un excesiva remoción de estructura dental durante la preparación mecánica. Se asocian por tanto, a la porción interna de la curvatura de la raíz y son consecuencia de una sobrepreparación de los tercios coronal y medio. Además de la complejidad del sellado de la misma, igual que se produce en una perforación convencional, está la consecuencia añadida de que el debilitamiento de la raíz reduce la resistencia de esa raíz a la fractura durante las cargas oclusales.

Bloqueo del conducto

Consiste en el empaquetamiento de tejido y detritus en el interior del conducto con la consecuente dificultad o impedimento de avanzar en dirección apical, perdiendo longitud de trabajo y/o la permeabilidad apical. Se produce entonces una incompleta desinfección de la porción más apical al bloqueo con las consiguientes implicaciones asociadas de la permanencia de restos de tejido infectado en el interior del conducto.

Daño en el foramen apical y sobreinstrumentación

Instrumentación mas allá del foramen apical con el asociado desplazamiento y ensanchamiento del foramen y la pérdida de la constricción apical. Ocurre como resultado de un error de determinación de la longitud de trabajo. Aunque la pérdida del tope apical no supone un fracaso endodóntico, sí que puede suponer una irritación de los tejidos periapicales por dicha invasión.

Como hemos citado anteriormente, existe un mayor riesgo de producir estos errores iatrogénicos durante la instrumentación de los conductos radiculares con instrumentos de acero inoxidable (38). Son por tanto los instrumentos de Ni-Ti los que presentan unas perspectivas de evitar la mayoría de este tipo de errores. Sin

embargo no estamos todavía en ese punto. Es por eso que los fabricantes continúan empleando sus recursos en la búsqueda de modificaciones ya no solamente en el diseño de los instrumentos sino en la mejora de las aleaciones empleadas.

2.3 TRANSPORTE DURANTE LA PREPARACIÓN MECÁNICA

Uno de los objetivos principales durante la preparación de los conductos radiculares es la preservación de la localización e integridad de la anatomía apical (9). Durante la conformación de los conductos se produce una remoción asimétrica de dentina intraradicular que produce un transporte del conducto. Esto se debe a una distribución no uniforme en determinadas áreas de contacto instrumento-pared (33, 39) y la ya mencionada tendencia de los instrumentos a recuperar su forma lineal inicial dentro del conducto que están preparando (40). Como resultado, hay paredes del conducto que las limas no instrumentan y posibles complicaciones como perforaciones y fracturas verticales (22).

Cuando hablamos de los posibles factores que pueden influir en la cantidad de transporte con sistemas rotatorios de Ni-Ti, podemos dividirlos en los relacionados con la propia anatomía del conducto a tratar o a los dependientes del instrumento.

Dentro de los relacionados con los instrumentos, encontramos los que dependen del diseño del mismo, como son la sección transversal, diseño de la punta, masa del cuerpo del instrumento, la conicidad de los instrumentos, etc. o los que están relacionados con la técnica, como son la secuencia empleada, la velocidad de rotación, uso de irrigantes o la propia experiencia del operador.

Por lo tanto, son numerosas las variables que pueden influir en el grado de transporte producido. Por este motivo escogimos dos sistemas de instrumentación que comparten casi todas esas variables como son el sistema K3[®] (*SybronEndo, Orange, CA, EUA*) y el sistema K3XF[®] (*SybronEndo, Orange, CA, EUA*), que describiremos más adelante, para evaluar la deformación del conducto.

Sin embargo, está descrito que el factor que tiene mayor influencia sobre el transporte es la anatomía radicular (40).

2.3.1 Transporte y ensanchamiento apical

Como hemos citado anteriormente, el transporte apical se debe a la tendencia que tiene el instrumento a intentar recuperar su forma original dentro de un conducto curvo (33). Por lo tanto, en el tercio apical, más allá de la curvatura, se tiende a sobrepresar hacia la pared exterior del conducto.

En cuanto al instrumento se refiere, el transporte apical durante la instrumentación depende entre otros de la sección transversal, diseño de la punta, etc. En nuestro caso los dos sistemas a evaluar comparten las mismas características de diseño, únicamente difieren del tratamiento térmico de la aleación. En diversos estudios (41, 42) se ha encontrado una correlación entre instrumentos más flexibles y unas preparaciones más centradas.

Como consecuencia del transporte apical, pueden permanecer paredes del conducto con una inadecuada limpieza lo cual podría comprometer el pronóstico del tratamiento (40). Se ha demostrado que las bacterias y sus productos juegan un papel importante en el desarrollo y cronificación de las enfermedades pulpares y periapicales; A su vez, la causa principal del fracaso endodóntico es la presencia de flora bacteriana en el interior del sistema de conductos en el momento de su obturación (43). Por tanto, el principal objetivo microbiológico de la preparación quimicomecánica de los conductos radiculares infectados es eliminar la población bacteriana o al menos reducirla a niveles que sean compatibles con una curación de los tejidos perirradiculares.

Sin embargo, autores como Peters (44) o Hubscher (45) en sus estudios mediante microtomografía computarizada concluyeron que en conductos anchos las limas no cortan la superficie dentinaria radicular en un porcentaje comprendido entre el 35 y el 45%. Existe además una alta prevalencia de variabilidad en las

raíces mesiales de los molares mandibulares con dos conductos, con presencia de distintos conductos accesorios en la porción comprendida en los 2 y 5 mm apicales (46). Por lo tanto, debemos ayudarnos de soluciones irrigantes para limpiar el complejo sistema de conductos (conductos accesorios, laterales, colaterales o anastomosis) donde las limas no pueden acceder (47, 48).

Con el objetivo de la remoción de la mayor cantidad de tejido afectado y permitir una irrigación adecuada en el tercio apical, la literatura nos muestra que los conductos o sistema de conductos deberían ensancharse suficientemente. Preparaciones mayores no solamente han demostrado que permiten el acceso de las soluciones irrigantes con más facilidad, sino que también reducen el nivel de bacterias remanente (21-24). Sjögren y cols. (48) reportaron que un ensanchamiento apical de hasta un calibre de #40 resultaba en una significativa reducción del recuento bacteriano comparado con preparaciones más pequeñas.

Por el contrario, otros autores como Buchanan (49, 50) abogan por preparaciones apicales pequeñas. Y a pesar de que Yared y Dagher (51) reportaron que calibres de un #25 eran igual de eficientes que un ensanchamiento hasta un calibre de #40 en la reducción de microorganismos, una revisión publicada en 2005 por Baugh y Wallace (6) concluía que el concepto de preparación apical mínima estaba basada únicamente en impresiones clínicas.

2.3.2 Transporte coronal y área de peligro

Así como la preparación mecánica del conducto tiende a preparar hacia el lado externo de la curvatura en la porción apical, en el tercio coronal y medio anterior a la curvatura, el transporte se dirige principalmente hacia la pared interna, que en el caso de los molares inferiores, es hacia la concavidad de la denominada área de peligro.

Se han propuesto técnicas de instrumentación en dirección corono-apical para la instrumentación de conductos. Un ensanchamiento coronal previo antes de la preparación del tercio apical permite un ensanchamiento apical con unos resultados

de transporte apical menor y un reducido número de errores de procedimiento (13, 29). Sin embargo, una preparación coronal excesiva puede resultar en complicaciones iatrogénicas como una perforación o un “stripping”, especialmente en la superficie interior de la curvatura (27, 29). Una pérdida excesiva de estructura dentaria puede traer como consecuencia una reducida resistencia a la fractura bajo cargas funcionales (52). Lim & Stock (53) recomendaron que el grosor de dentina remanente no debería ser menor de 0.3 mm para resistir las fuerzas producidas durante la obturación de conductos.

En cuanto a la capacidad que tiene el instrumento de respetar la anatomía del conducto sin desviarse, en 1996 Gambill y cols. (54) describieron que la capacidad de centrado indica la capacidad del instrumento a permanecer centrado durante la preparación. La instrumentación con sistemas rotatorios de Ni-Ti han demostrado que permiten la preparación de conductos curvos con un riesgo muy reducido de transporte y con altos ratios de centrado en el tercio coronal (55, 56).

2.4 EFECTO DE LA INSTRUMENTACIÓN SOBRE LOS INSTRUMENTOS DE NITI

2.4.1 Uso de los instrumentos

El uso repetido de las limas da como resultado modificaciones en los bordes del instrumento lo que resulta en una reducción en el volumen de la preparación debido a que el instrumento pierde capacidad de corte (55, 58). Al perder capacidad de corte aumenta el tiempo de trabajo necesario, aumentando el número de ciclos dentro del conducto aumentando el riesgo de fractura por fatiga cíclica. Ante la menor capacidad de corte del instrumento el clínico lo tiende a compensar con un aumento en la presión del instrumento hacia el interior del conducto aumentando el riesgo de fractura por torsión (57, 58).

A pesar de los riesgos que supone el uso repetido de los instrumentos rotatorios, hay una tendencia a reutilizarlos por razones económicas (59). En la

literatura no hay un consenso con respecto al número de usos y la probabilidad de fractura del mismo (60). Shen y cols. (60) evaluaron instrumentos que habían sido descartados tras diversos usos en la práctica clínica. Observaron que solamente el 0.5% de los instrumentos producían signos visibles de deterioro tras el primer uso. Además la magnitud de estrés y deterioro producido sobre el instrumento depende más de la configuración del conducto que de las características del instrumento per se, especialmente en conductos curvos (61).

2.4.2 Defectos de los instrumentos rotatorios de Ni Ti

Generalmente los instrumentos de acero inoxidable sufren algún tipo de deformación aparente antes de separarse, por lo tanto se pueden observar en busca de algún signo de deformación que nos indique que ha superado su límite elástico (62).

Defectos menores en los instrumentos no se pueden apreciar a simple vista por lo que se recomienda una magnificación de al menos 10x para una examinación adecuada de los instrumentos.

Además, la fractura se puede producir sin ningún signo visible de deformación bajo microscopio operatorio (60) aparentemente dentro del límite elástico del instrumento (63). Por lo tanto la visualización directa, no es un método fiable para evaluar instrumentos usados (64). Aunque se recomiende un examen tras cada uso del instrumento para reducir el riesgo de fractura del mismo (64) esto no es suficiente para evitar el riesgo de fractura por fatiga cíclica.

Existen diversas clasificaciones de los diferentes tipos de defectos. Sotokawa en 1988 (65) o Bonetti Filho y cols. en 1998 (66), sin embargo son clasificaciones complejas y hechas a partir de defectos producidos en limas sometidas a instrumentación manual. Encontramos una descripción simplificada propuesta por Chakka y cols. en 2012 (67) que divide los defectos en dos grupos:

1- Defectos que indican un daño moderado

- Dobleces, torsiones o deformación de la punta
- Enderezamiento de las espiras
- Identaciones en el borde cortante

2- Defectos que indican un daño severo

- Desespiración parcial
- Cambios en la longitud del instrumento
- Fractura o separación

A pesar de las numerosas ventajas de la utilización de instrumentos rotatorios de Ni-Ti en comparación con los de acero inoxidable, la separación por fatiga cíclica sigue siendo una de las mayores preocupaciones cuando instrumentamos con estos instrumentos (68). El fragmento separado puede quedar bloqueado en el conducto e impedir una adecuada conformación y limpieza del mismo comprometiendo el éxito del tratamiento (69).

Son numerosos los estudios que han examinado instrumentos que han sufrido algún tipo de fractura durante su uso en pacientes (60, 64, 70-72). Los resultados de dichos estudios han llevado a identificar los factores que contribuyen a la fractura de los instrumentos. Incluyen la experiencia del operador, el diseño del instrumento, la velocidad de rotación y torque, el número de ciclos de esterilización y la configuración del conducto, siendo los relacionados al modo de utilización y por tanto la experiencia del operador los más importantes junto a la configuración anatómica (60).

La fractura del instrumento se debe al estrés por torsión y por fatiga cíclica que sufre la lima en rotación en el interior del conducto. La separación o fractura de un instrumento de Ni-Ti puede darse por tanto de dos formas: por torsión o por fatiga cíclica (64). Cuando ocurre por torsión es consecuencia del enclavamiento de una parte del instrumento en rotación en el interior del conducto, mientras el resto sigue girando. Cuando esto sucede y se supera el límite elástico del instrumento se producirá la separación del mismo. Por lo tanto, éste fenómeno está

directamente relacionado con la presión que se ejerce sobre el instrumento durante la preparación mecánica (73).

En cuanto al fallo por fatiga cíclica, un instrumento que se encuentra en rotación dentro de un conducto curvo sufre una deformación y un estrés en su estructura. En teoría, la mitad del instrumento o la superficie en contacto con la superficie externa se encuentra en tensión, mientras que la otra mitad se encuentra en compresión (62, 65, 74). Como el instrumento está en rotación, hace que la lima complete un ciclo de tensión-compresión en cada una de las vueltas (74).

2.5 INSTRUMENTOS ROTATORIOS DE NÍQUEL TITANIO

Para la realización de este trabajo de investigación, se decidió utilizar dos sistemas rotatorios de níquel titanio que comparten las mismas características geométricas de diseño (misma sección transversal, conicidades y calibres, separación entre espiras, etc.) y que difieren únicamente en el tratamiento de la aleación. Por lo tanto, el objetivo era el análisis de la influencia de la mejora propuesta por el fabricante, la fase-R en la preparación de conductos severamente curvos.

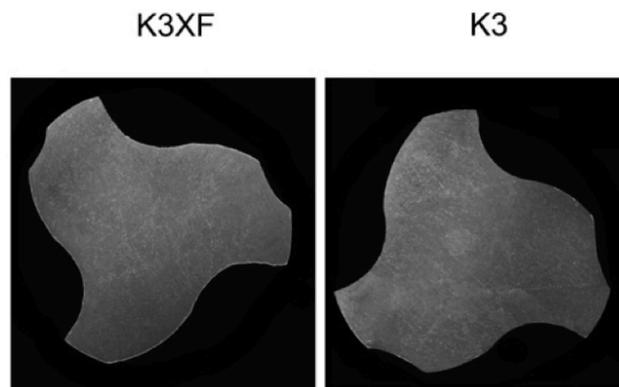


Figura 1. Secciones transversales de los instrumentos K3 y K3XF

2.5.1 SISTEMA K3[®] (SybronEndo, Orange, CA, EUA)

Es un sistema de instrumentación rotatoria de limas de Ni-Ti que fueron desarrolladas por el Dr. John T. McSpadden y se lanzaron comercialmente en el año 2001 por la compañía Sybron Dental Specialties/Kerr.

Características (74):

- **Angulo de corte positivo**
 - Aumenta la capacidad y eficacia de corte y la remoción de detritus de dentina.

- **Ángulo helicoidal variable**
 - Facilita la remoción de los residuos y canalización en el espacio de las estrías.

- **Planos radiales anchos**
 - Sirve como soporte de la superficie cortante y ayuda a prevenir el enroscamiento

- **Plano radial liberado**
 - La resistencia a la fricción del instrumento es proporcional a la cantidad de superficie que el plano radial tiene en contacto con las paredes del conducto. Un Plano Radial liberado, reduce la fricción y por tanto el riesgo de fractura.

- **Tercer plano radial no liberado**
 - Permite un mayor control del operador estabilizando y manteniendo centrado el instrumento dentro del conducto.

- **Distancia variable entre espiras**
 - Minimiza el enclavamiento de la lima
 - Permite una mayor eliminación de residuos
 - Reduce el stress por torsión

Componentes del sistema K3:

- **Limas K3 .02**
 - Conicidad .02.
 - Anillo superior lila / Anillo inferior sigue normativa ISO según calibre.
 - Calibre apical de 15, 20, 25, 30, 35, 40 y 45.
 - Longitud 21, 25 y 30 mm.

- **Limas K3 .04**
 - Conicidad .04.
 - Anillo superior verde / Anillo inferior sigue normativa ISO según calibre.
 - Calibre apical de 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 y 60.
 - Longitud 21, 25 y 30 mm.

- **Limas K3 .06**
 - Conicidad .06

- Anillo superior naranja / Anillo inferior sigue normativa ISO según calibre.
 - Calibre apical de 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 y 60.
 - Longitud 21, 25 y 30 mm.
- **Limas K3 .08**
- Conicidad .08
 - Anillo superior azul / Anillo inferior rojo (ISO #25)
 - Calibre apical de 25
 - Longitud 17, 21 y 25 mm
- **Limas K3 .10**
- Conicidad .10
 - Anillo superior rosa / Anillo inferior rojo (ISO #25)
 - Calibre apical de 25
 - Longitud 17, 21 y 25 mm
- **Limas K3 .12**
- Conicidad .12
 - Anillo superior lila / Anillo inferior rojo (ISO #25)
 - Calibre apical de 25
 - Longitud 17, 21 y 25 mm

2.5.2. SISTEMA K3XF[®] (SybronEndo, Orange, CA, EUA)

El sistema de instrumentación rotatoria de Ni-Ti K3XF[®] aparece por primera vez en la literatura en 2011 (1) como un prototipo, el K4. En el mercado, ya como K3XF en 2013 y también es comercializado por la casa comercial SybronEndo.

Presenta las mismas características geométricas del Sistema K3 exceptuando (36):

- **Reducción de la longitud del mango**
 - Facilita el acceso a las zonas posteriores.
- **Fase R**
 - Reduce la posibilidad de que el instrumento se pueda “atornillar” dentro del conducto
 - Minimiza las posibilidades de fractura

Componentes del sistema K3XF:

- **Limas K3XF .04**
 - Conicidad .04.
 - Anillo superior verde / Anillo inferior sigue normativa ISO según calibre.
 - Calibre apical de 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 y 60.
 - Longitud 21, 25 y 30 mm.
 -
- **Limas K3XF .06**
 - Conicidad .06
 - Anillo superior naranja / Anillo inferior sigue normativa ISO según calibre.
 - Calibre apical de 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 y 60.

- Longitud 21, 25 y 30 mm.
- **Limas K3XF .08**
- Conicidad .08.
 - Anillo superior azul / Anillo inferior sigue normativa ISO según calibre.
 - Calibre apical de 20, 25, 30 y 40.
 - Longitud 17, 21, 25 y 30 mm.
- **Limas K3 .10**
- Conicidad .10
 - Anillo superior rosa / Anillo inferior sigue normativa ISO según calibre.
 - Calibre apical de 20, 25, 30 y 40.
 - Longitud 17, 21, 25 y 30 mm.
- **Limas K3 .12**
- Conicidad .12
 - Anillo superior lila / Anillo inferior sigue normativa ISO según calibre.
 - Calibre apical de 20, 25, 30 y 40.
 - Longitud 17, 21, 25 y 30 mm

2.5.3. La fase R[®] (*SybronEndo, Orange, CA, EUA*)

Los recientes avances tecnológicos en la metalurgia ofrecen la posibilidad de mejora de las limas de Ni-Ti contemporáneas. Uno de los procesos es el tratamiento térmico posterior a la mecanización. Como hemos comentado anteriormente, recientemente se introdujo un proceso térmico especial sobre a las

limas de Ni-Ti después del proceso de mecanizado completado por SybronEndo. Según el fabricante, la principal ventaja no es sólo mejorar la flexibilidad, sino al mismo tiempo acomodar parte de la tensión interna causada por el proceso de mecanizado al modificar la estructura cristalina de la aleación. Diversos estudios han demostrado éste aumento de flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica tanto en movimiento de rotación continua como recíprocante en los instrumentos modificados mediante la fase-R (1-3).

3: HIERÓTIKOS

3.1 Hipótesis nula (H_0)

- H_{01} : No existen diferencias estadísticamente significativas en cuanto a transporte apical se refiere entre los conductos instrumentados con el sistema K3 XF[®] y con el sistema K3[®] en conductos mesiales de primeros molares mandibulares instrumentados hasta un calibre apical de 40.04.
- H_{02} : No existen diferencias estadísticamente significativas en los conductos instrumentados con el sistema K3[®] y K3 XF[®] en cuanto a la desviación y remoción de dentina hacia el área de peligro de conductos mesiales de primeros molares mandibulares
- H_{03} : No existen diferencias estadísticamente significativas en los instrumentos de los sistemas K3[®] y K3 XF[®] en cuanto a los defectos producidos durante la instrumentación de conductos mesiales de molares mandibulares.

3.2 Hipótesis alternativa (H_1)

- H_{11} : Existen diferencias estadísticamente significativas en cuanto a transporte apical producido tras la instrumentación con los sistemas K3 XF[®] y con el sistema K3[®] en conductos mesiales de primeros molares mandibulares instrumentados hasta un calibre apical de 40.04.
- H_{12} : Existen diferencias estadísticamente significativas en los conductos instrumentados con el sistema K3[®] y K3 XF[®] en cuanto a la desviación y remoción de dentina hacia el área de peligro de conductos mesiales de primeros molares mandibulares
- H_{13} : Existen diferencias estadísticamente significativas en los instrumentos de los sistemas K3[®] y K3 XF[®] en cuanto a los defectos producidos durante la instrumentación de conductos mesiales de molares mandibulares.

4: 8B j FTH X 8S

4.1 Objetivo general

Evaluar como afecta el progresivo ensanchamiento apical con los sistemas rotatorios de níquel titanio K3[®] y K3XF[®] en raíces mesiales de primeros molares mandibulares instrumentados hasta un calibre apical de 40.04.

4.2 Objetivos específicos

1. Evaluar como afecta en el transporte apical el progresivo aumento del ensanchamiento apical hasta un calibre de 40 con el sistema rotatorio de níquel titanio K3[®] en raíces mesiales de molares mandibulares.
2. Evaluar como afecta en el transporte apical el progresivo aumento del ensanchamiento apical hasta un calibre de 40 con el sistema rotatorio de níquel titanio K3XF[®] en raíces mesiales de molares mandibulares.
3. Evaluar como afecta en el transporte, desviación y remoción de dentina hacia el área de peligro el progresivo aumento del ensanchamiento apical hasta un calibre de 40 con el sistema rotatorio de níquel titanio K3[®] en raíces mesiales de molares mandibulares.
4. Evaluar como afecta en el transporte, desviación y remoción de dentina hacia el área de peligro el progresivo aumento del ensanchamiento apical hasta un calibre de 40 con el sistema rotatorio de níquel titanio K3XF[®] en raíces mesiales de molares mandibulares.
5. Evaluar como afecta en la producción de defectos de los instrumentos el progresivo aumento del ensanchamiento apical hasta un calibre de 40 con el sistema rotatorio de níquel titanio K3[®] en raíces mesiales de molares mandibulares.

6. Evaluar como afecta en la producción de defectos de los instrumentos el progresivo aumento del ensanchamiento apical hasta un calibre de 40 con el sistema rotatorio de níquel titanio K3XF[®] en raíces mesiales de molares mandibulares.
7. Evaluar la influencia del número de usos de los instrumentos en todas las complicaciones anteriormente mencionadas durante la instrumentación con los sistemas rotatorio de níquel titanio K3[®] y K3XF[®].
8. Comparar el tiempo de instrumentación con los sistemas rotatorios de níquel titanio K3[®] y K3XF[®] en la preparación de conductos de raíces mesiales de molares mandibulares.

3:

МАТЕРИАЛЫ
О
ИСТОРИИ
И
РАЗВИТИИ
НАУКИ
И
ТЕХНИКИ
В
СССР

ESTUDIO 1: Comparación *in vitro* en un modelo de maniquí: Ensanchamiento apical progresivo con los sistemas rotatorios K3 y K3XF.

5.1.1 Cálculo del tamaño de la muestra

80 conductos de molares inferiores con conductos mesiales independientes (40 conductos por grupo, puesto que valoramos variables cuantitativas basándonos en la fórmula $8 \times SD \text{ prevista} / \text{Diferencia mínima de medias}^2$ teniendo en cuenta que la desviación estándar esperada es de 0,015 mm y consideramos significativa una diferencia de medias de 0,0386).

5.1.2 Procedimiento

Selección y preparación de la muestra

Se seleccionaron 80 primeros y segundos molares mandibulares de estructura similar con dos conductos mesiales curvos independientes. Se realizó el acceso endodóntico con fresas de bola de diamante y fresas Endo-Z para la preparación de la apertura cameral. Sólo se seleccionaron dientes que permitían el paso de una lima K del .08 hasta el foramen mayor y que no permitían el paso pasivo de una lima K del .15 hasta 1 mm del foramen mayor. Se seccionaron las raíces distales para una mejor visualización de las radiografías de conductometría para el cálculo de los ángulos y radios de curvatura. Las muestras se mantuvieron inmersas en solución salina durante el estudio para prevenir de la deshidratación de las muestras.

Se fabricó una plantilla personalizada diseñada en silicona (P OPTOSIL Plus ® Heraeus Kulzer, Hanau, Alemania) para proporcionar una posición reproducible para el captador radiográfico digital, el eje de rayos X dental y la alineación del sensor de cono. Además un modelo de silicona de cada diente en posición

vestibulolingual y otra en posición mesiodistal. Se realizaron tres radiografías de conductometría para cada diente con una lima 15 K, una mesiodistal y dos ortoradiales una para cada conducto para evitar solapamientos (Kodak RVG 6100; Kodak, Rochester, NY); una para el conducto mesiovestibular (MV) y otra para el conducto mesiolingual (ML). Los valores de exposición fueron los mismos para todas las muestras (0.10 s; 70 kV, 7 mA) y la distancia tanto entre el objeto y el sensor como para el cono (1,5 mm) y el sensor (50 cm). Aún así se colocó junto a la muestra en cada radiografía un alambre de 10 mm medido con un pie de rey electrónico para poder calibrar todas las mediciones. Entonces se transfirieron las radiografías al software AutoCad 2011 (Autodesk Inc, San Rafael, CA, USA) y se calculó el ángulo y radio de curvatura para cada conducto siguiendo la metodología de Pruett. Sólo se incluyeron dientes con ambos conductos con un ángulo de curvatura comprendido entre 20° y 45° con un radio de curvatura entre 3.3 y 8 mm. Finalmente se incluyeron para el estudio 40 primeros molares inferiores. Se realizaron dos grupos de 40 conductos (20 ML y 20 MV) acorde con el ángulo y radio de curvatura calculados. Todos los dientes fueron acortados y se ajustó el tope de goma a una posición anatómica estable a 19mm para todos los dientes (WL).

Preparación del modelo

Se colocó cada diente en la posición del primer molar mandibular de un fantoma con la raíz cubierta por una fina capa de cera y fijado con silicona (Optosil P Plus; Heraeus Kulzer, Germany). Entones el fantoma fue colocado en un maniquí o simulador dental adulto y se realizó un aislamiento absoluto con dique de goma con un clamp número 7. Después se colocó al maniquí en posición de barbilla baja y el operador se situó en una posición de a las 10-11, simulando una situación clínica asegurando que el operador sólo podía tener acceso al conducto a instrumentar desde la misma dirección (Figura 1).

Todos los instrumentos fueron esterilizados antes de su utilización. Un operador previamente entrenado con ambos sistemas realizó todo el proceso de instrumentación

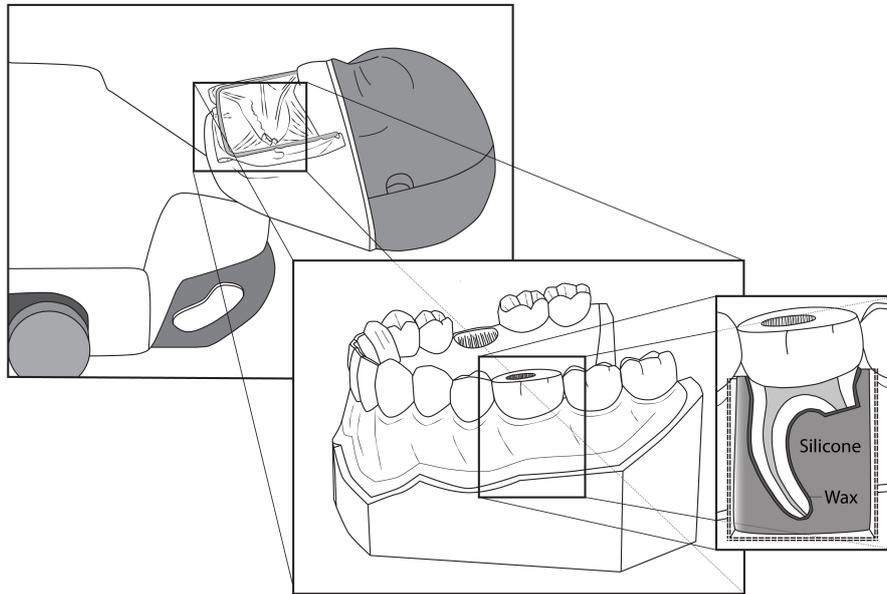


Figura 2. Dibujo esquemático del modelo utilizado en este estudio.

Instrumentación

Se realizó un glide path manual hasta una lima #20 K antes de la instrumentación mecánica. El Grupo A se instrumentó con K3 y el Grupo B con K3XF. De manera adicional se crearon dos subgrupos según el primer o Segundo uso de cada secuencia de instrumentación (A1–A2 y B1–B2). Toda la preparación se realizó con un motor electrónico con control de torque (Endo-Mate DT; NSK, Europe, Frankfurt, Germany) a 350 rpm y 3.0 Ncm de torque con la siguiente secuencia crown-down: 25/08: 14 mm, 25/06: 17 mm, y 25/04: 19 mm (WL). El ensanchamiento apical se realizó con los instrumentos 30/04, 35/ 04 y 40/04 a WL.

Se verificó la permeabilidad apical de manera repetida con una lima 10 K. Cada instrumento sirvió para preparar un conducto mesiolingual y otro mesiovestibular y después fue descartado. Después de cada paso, las limas fueron limpiadas e inspeccionadas en busca de algún defecto. Se irrigó con hipoclorito de Na al 4,2% mediante una aguja 30-G de Max-i-Probe (Dentsply Maillefer,

Ballaigues, Switzerland) después de cada instrumento, manteniendo la cámara pulpar inundada.

Se tomaron radiografías postinstrumentación tras cada lima que llegó a WL en las visiones vestibulolingual y mesiodistal con las plantillas prefabricadas al principio del estudio con una lima de Ni Ti del mismo calibre que la lima de ensanchamiento apical 25/04, 30/04, 35/04 y 40/04 pero de conicidad del 2%. Se utilizó el software Adobe Photoshop CS6 (Adobe Systems Inc, San Jose, CA) para superponer las imágenes digitales con su correspondiente conductometría inicial. Posteriormente se importaron las imágenes superpuestas al software AutoCAD 2011. Se midió la distancia entre el eje central de ambas limas y se anotó la medición resultante a WL (D_0), 0.5 mm de la WL ($D_{0,5}$), y a 1 mm (D_1) de la WL. También se midió la pérdida de WL..

5.1.3 Análisis Estadístico

Se calcularon los valores de tendencia central y de dispersión del transporte apical y la pérdida de WL. El test de medidas repetidas de análisis de varianza y el test de post hoc Tukey fueron empleados para detectar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los grupos A y B, además de entre los subgrupos A1, A2, B1, and B2. El nivel de significancia se marcó en $P < .05$.

El tiempo de preparación fue evaluado mediante el test de Kruskal- Wallis y el test de post hoc Student-Newman-Keuls también con un nivel de significancia de $P < .05$. Los tiempos entre cambios de limas fueron excluidos del recuento.

El software estadístico Statgraphics Centurion XV software (Statpoint Technologies, Warrenton, VA) fue utilizado como herramienta para el análisis.

5.2 ESTUDIO 2: Tomografía computerizada del área de peligro tras un ensanchamiento apical progresivo con los sistemas rotatorios K3 y K3XF en un modelo de maniquí.

5.2.1 Cálculo del tamaño de la muestra

72 conductos mesiales de molares inferiores con conductos mesiales independientes (36 conductos por grupo, puesto que valoramos variables cuantitativas basándonos en la fórmula $8 \times SD \text{ prevista} / \text{Diferencia mínima de medias}^2$ teniendo en cuenta que la desviación estándar esperada es de 0,044 mm y consideramos significativa una diferencia de medias de 0,0698).

5.2.2 Procedimiento

Selección y preparación de la muestra

Se seleccionaron 36 dientes de la muestra anterior de manera aleatoria. Se diseñó un molde e silicona para asegurar una posición constante para el escaneado con CBCT durante el proceso de ensanchamiento apical. Se realizó un CBCT inicial (Promax 3D; Planmeca, Helsinki, Finland) con unos parámetros de exposición constante de 90 kV, 12.0 mA y 12.23 segundos, con un tamaño de campo de visión de 4 x 4 cm con un tamaño de voxel de 100 μm .

Cada diente fue colocado como se explicó en el estudio anterior en un modelo de simulador dental adulto asegurando que la instrumentación se realizaba desde la misma dirección. Todo el proceso de instrumentación se realizó por el mismo operador, entrenado en ambos sistemas. Se instrumentaron 20 conductos con cada sistema previamente al estudio.

Instrumentación y análisis de las secciones

Después de cada instrumento que alcanzaba la WL (25.04, 30.04, 35.04 y 40.04), se realizó un CBCT en el dispositivo creado previamente con silicona.

Las imágenes de las secciones a 1, 2 y 3mm bajo el nivel de furca fueron evaluados. Las distancias entre el borde externo del conducto con el borde externo mesial, distal, vestibular y lingual de la raíz se midieron con una magnificación del 600%. Para cada sección, se midió el transporte $(x_1-x_2)-(y_1-y_2)$ y el ratio de centrado $(x_1-x_2)/(y_1-y_2)$ o $(y_1-y_2)/(x_1-x_2)$ para medir el desplazamiento mesiodistal y vestibulolingual con la formula propuesta por Gambill y cols. (54). La distancia más corta desde el borde externo de la raíz al borde externo del conducto no instrumentado se representa por x_1 y x_2 y las mediciones de postinstrumentación con y_1 and y_2 .

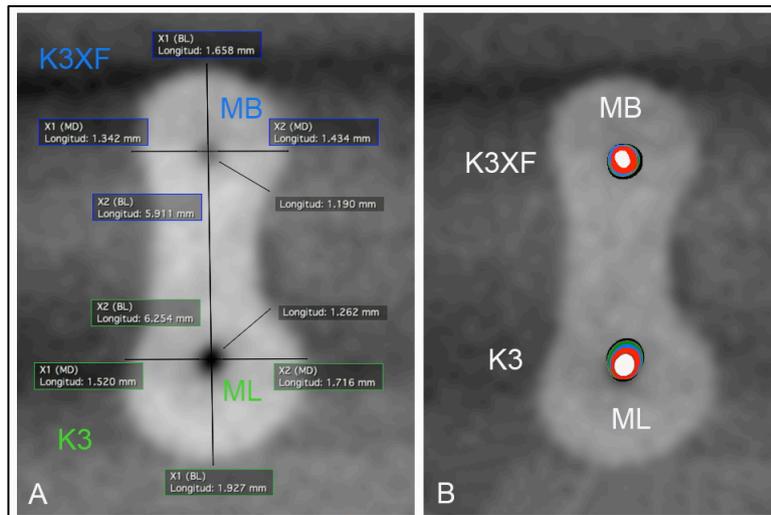


Figura 3. Medición de las secciones y superposición de las preparaciones con las distintas limas de ensanchamiento apical por colores siguiendo la normativa ISO.

Además se calculó el grosor de dentina hacia el área de peligro. Para ello se midió la distancia más corta desde el borde externo del conducto hasta el borde externo de la concavidad de la raíz (76).

5.2.3 Análisis estadístico

El software estadístico Statgraphics Centurion XV software (Statpoint Technologies, Warrenton, VA) fue utilizado como herramienta para el análisis.

Debido a la distribución no normal de la muestra y a la falta de homogeneidad de la varianza, los datos fueron analizados estadísticamente mediante el test de Kruskal-Wallis test con un nivel de significancia del 5%.

5.3 ESTUDIO 3: Evaluación de los defectos producidos sobre los instrumentos de los sistemas K3 y K3XF tras la instrumentación de dos conductos mesiales de molares mandibulares.

5.3.1 Selección de la muestra

Se seleccionaron todos los instrumentos utilizados en los estudios anteriores.

5.3.2 Procedimiento

Tras la preparación se analizaron todos los instrumentos utilizados en los estudios anteriores en busca de defectos mediante un estéreo microscopio (Olympus SZ-PT Highlight 3100, Olympus Optical Co GMBH, Hamburgo, Alemania) a una magnificación de 20 aumentos. Se realizaron fotografías de los defectos y del tercio apical de las limas con una cámara de 35-mm (Colorview, Olympus) acoplada al estéreo microscopio. Se clasificaron los defectos según la escala siguiente basada en los resultados obtenidos por Chacka et al (67). La evaluación se realizó por dos examinadores que no conocían el instrumento que se mostraba en la imagen.

Clasificación de los defectos producidos a lo largo del instrumento:

- 0 - Sin signos de deformación.
- 1 - Enderezamiento leve de las espiras.
- 2 - Enderezamiento severo de las espiras.
- 3 - Desespiración parcial.
- 4 - Fractura.

5.3.3 Análisis estadístico

Se analizaron los resultados obtenidos mediante el test de independencia de Chi-Cuadrado con un nivel de significancia de .05.

También se evaluó el acuerdo entre los dos examinadores que evaluaron las imágenes mediante la correlación por rangos de Spearman.

El software estadístico Statgraphics Centurion XV software (Statpoint Technologies, Warrenton, VA) fue utilizado como herramienta para el análisis.

6. REFERENCES

6.1 ESTUDIO 1

6.1.1. Transporte apical y pérdida de longitud de trabajo

El análisis de varianza reveló que no existían diferencias estadísticamente entre los grupos A y B en cuanto a radio y ángulo de curvatura se refiere ($P > .05$). Los cambios en cuanto a transporte apical y pérdida de longitud de trabajo en general no fueron estadísticamente significativos entre los grupos A y B ($P > .05$). Sin embargo si que se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre grupos y subgrupos cuando el ensanchamiento apical se realizaba con limas de calibre mayor ($P < .05$) (Tablas 1 y 2). Las medias, valores de dispersión y las diferencias significativas en transporte apical y pérdida de longitud de trabajo entre grupos y subgrupos se muestran en las tablas 1 y 2. Además no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto al número de usos y el transporte apical y la pérdida de longitud de trabajo ($P > .05$).

Tabla 1: Comparación del transporte apical y la pérdida de longitud de trabajo en la visión mesiodistal (MD) en los diferentes niveles evaluados. Medias y desviaciones estándar (DS) expresadas en μm .

Grupo	Lima	Uso	D ₀ (0 mm)			D _{0.5} (0.5 mm)			D ₁ (1 mm)			Pérdida de WL (MD)		
			n ¹	Media	DS	n	Media	DS	n	Media	DS	n ²	Media	DS
K3XF	25 XF	1er	40	0.0 ^a	0.0	40	0.0 ^a	0.0	40	0.0 ^a	0.0	40 (0)	0.0 ^a	0.0
		2o	20	0.0 ^{ab}	0.0	20	0.0 ^{ab}	0.0	20	0.0 ^a	0.0	20 (0)	0.0 ^a	0.0
	30 XF	1er	36	2.4 ^a	10.2	40	4.1 ^{ab}	15.4	40	4.0 ^a	14.3	40 (4)	-6.7 ^{ab}	22.2
		2o	19	4.6 ^{ab}	13.8	20	6.5 ^{ab}	20.4	20	5.9 ^a	18.2	20 (1)	-4.9 ^{ab}	21.8
	35 XF	1er	17	0.0 ^{ab}	0.0	20	1.7 ^{ab}	7.7	20	2.0 ^a	9.0	20 (3)	-8.5 ^{ab}	23.0
		2o	28	9.8 ^a	18.2	40	17.3 ^b	25.8	40	15.3 ^a	26.0	40 (12)	-32.5 ^b	52.4
	40 XF	1er	14	3.9 ^{ab}	10.2	20	21.9 ^b	30.8	20	20.1 ^{bc}	30.7	20 (6)	-33.4 ^{ab}	50.9
		2o	14	12.1 ^b	20.7	20	12.8 ^b	19.4	20	10.5 ^a	19.9	20 (6)	-31.6 ^{ab}	55.1
K3	25 K3	1er	23	24.0 ^c	30.5	40	35.1 ^c	34.1	40	41.9 ^c	72.7	40 (17)	-52.6 ^c	67.7
		2o	12	15.0 ^b	24.5	20	32.2 ^c	37.1	20	32.5 ^a	6.2	20 (8)	-50.2 ^{ac}	69.9
	30 K3	1er	11	34.0 ^c	34.4	20	38.0 ^c	31.5	20	51.3 ^c	96.8	20 (9)	-55.0 ^{bc}	67.2
		2o	40	0.0 ^a	0.0	40	0.0 ^a	0.0	40	0.0 ^a	0.0	40 (0)	0.0 ^a	00.0
	35 K3	1er	20	0.0 ^{ab}	0.0	20	0.0 ^{ab}	0.0	20	0.0 ^a	0.0	20 (0)	0.0 ^a	00.0
		2o	20	0.0 ^{ab}	0.0	20	0.0 ^{ab}	0.0	20	0.0 ^a	0.0	20 (0)	0.0 ^a	00.0
	40 K3	1er	35	2.7 ^a	11.5	40	8.0 ^{ab}	21.0	40	6.9 ^a	17.9	40 (5)	-8.1 ^{ab}	25.3
		2o	17	5.6 ^{ab}	16.2	20	13.0 ^{bc}	26.0	20	11.6 ^a	22.8	20 (3)	-9.9 ^{ab}	30.0
	40 K3	1er	18	0.0 ^{ab}	0.0	20	1.7 ^b	7.7	20	2.1 ^a	9.3	20 (2)	-6.4 ^{ab}	20.1
		2o	29	11.7 ^a	23.9	40	16.0 ^b	27.1	40	11.2 ^{bc}	24.4	40 (11)	-33.9 ^b	58.8
	40 K3	1er	15	9.6 ^b	20.5	20	19.8 ^{bc}	31.7	20	15.6 ^a	31.4	20 (5)	-33.6 ^{ab}	60.7
		2o	14	13.8 ^b	27.7	20	12.2 ^{bc}	22.0	20	6.8 ^a	14.1	20 (6)	-34.2 ^{ab}	58.5
	40 K3	1er	22	24.1 ^c	29.0	40	32.6 ^c	31.6	40	29.4 ^c	32.7	40 (18)	-52.7 ^c	72.6
		2o	12	31.6 ^{bc}	30.0	20	35.0 ^c	33.0	20	34.2 ^a	33.6	20 (8)	-50.5 ^{ac}	81.4
		2o	10	15.1 ^{bc}	26.4	20	30.3 ^c	30.8	20	24.7 ^a	31.9	20 (10)	-54.9 ^{bc}	64.7

Las medias que comparten la misma letra de superíndice dentro de cada columna no presentan diferencias estadísticamente significativas en cada nivel ($P < 0.05$).

¹ Muestras con pérdida de WL que no pudieron ser medidas en el nivel D₀.

² (Número de conductos con pérdida de longitud de trabajo).

Tabla 2: Comparación del transporte apical y la pérdida de longitud de trabajo en la visión vestibulolingual (VL) en los diferentes niveles evaluados. Medias y desviaciones estándar (DS) expresadas en μm .

Grupo	Lima	Uso	D ₀ (0 mm)			D _{0,5} (0.5 mm)			D ₁ (1 mm)			Pérdida de WL (BL)		
			n ¹	Media	DS	n	Media	DS	n	Media	DS	n ²	Media	DS
K3XF	25 XF		40	0.0 ^{ab}	0.0	40	0.0 ^{ab}	0.0	40	0.0 ^a	0.0	40 (0)	0.0 ^a	0.0
		1er	20	0.0 ^a	0.0	20	0.0 ^a	0.0	20	0.0 ^a	0.0	20 (0)	0.0 ^a	0.0
		2o	20	0.0 ^a	0.0	20	0.0 ^a	0.0	20	0.0 ^a	0.0	20 (0)	0.0 ^a	0.0
30 XF	30 XF		36	1.6 ^{ab}	9.4	40	1.6 ^{ab}	7.3	40	1.5 ^a	6.8	40 (4)	-6.8 ^{ab}	22.4
		1er	19	0.0 ^a	0.0	20	1.0 ^{ab}	4.5	20	1.2 ^{ab}	5.1	20 (1)	-4.9 ^{ab}	22.1
		2o	17	3.3 ^{ab}	13.6	20	2.1 ^{ab}	9.5	20	1.9 ^{ab}	8.3	20 (3)	-8.6 ^{ab}	23.1
35 XF	35 XF		28	11.2 ^{bc}	22.9	40	12.1 ^{bc}	20.9	40	10.4 ^a	20.8	40 (12)	-32.1 ^b	52.7
		1er	14	3.3 ^{ab}	13.6	20	2.1 ^{ab}	9.5	20	1.9 ^{ab}	8.3	20 (6)	-32.4 ^{ab}	51.2
		2o	14	19.2 ^b	29.8	20	16.4 ^{ab}	24.3	20	15.8 ^{ac}	25.9	20 (6)	-31.9 ^{ab}	55.5
40 XF	40 XF		23	22.7 ^c	26.6	40	23.9 ^c	29.0	40	24.8 ^c	31.6	40 (17)	-52.9 ^c	68.2
		1er	12	17.4 ^b	23.6	20	19.6 ^b	25.6	20	19.8 ^{bc}	26.3	20 (8)	-50.6 ^{ac}	70.4
		2o	11	28.6 ^c	29.5	20	28.2 ^c	32.1	20	29.7 ^c	36.2	20 (9)	-55.3 ^{bc}	67.7
K3	25 K3		40	0.0 ^a	0.0	40	0.0 ^a	0.0	40	0.0 ^a	0.0	40 (0)	0.0 ^a	0.0
		1er	20	0.0 ^{ab}	0.0	20	0.0 ^{ab}	0.0	20	0.0 ^a	0.0	20 (0)	0.0 ^a	0.0
		2o	20	0.0 ^{ab}	0.0	20	0.0 ^{ab}	0.0	20	0.0 ^a	0.0	20 (0)	0.0 ^a	0.0
30 K3	30 K3		35	0.0 ^a	0.0	40	3.1 ^a	12.5	40	2.7 ^a	10.3	40 (5)	-8.3 ^{ab}	25.8
		1er	17	0.0 ^{ab}	0.0	20	6.1 ^{ab}	17.3	20	5.4 ^{ab}	14.2	20 (3)	-10.1 ^{ab}	30.7
		2o	18	0.0 ^{ab}	0.0	20	0.0 ^{ab}	0.0	20	0.0 ^a	0.0	20 (2)	-6.5 ^{ab}	20.6
35 K3	35 K3		29	3.7 ^a	11.9	40	8.8 ^a	17.6	40	8.3 ^a	16.2	40 (11)	-34.2 ^b	59.0
		1er	15	3.8 ^b	14.2	20	12.5 ^{bc}	20.9	20	10.8 ^{ac}	17.7	20 (5)	-33.8 ^{ab}	60.8
		2o	14	3.6 ^b	9.7	20	5.1 ^b	12.9	20	5.8 ^{ac}	14.7	20 (6)	-34.5 ^{ab}	58.8
40 K3	40 K3		22	27.8 ^c	30.7	40	26.6 ^c	27.2	40	22.1 ^c	24.8	40 (18)	-52.8 ^c	72.4
		1er	12	21.9 ^{bc}	25.7	20	27.0 ^c	28.8	20	22.7 ^{bc}	23.7	20 (8)	-50.4 ^{ac}	80.7
		2o	10	34.8 ^c	35.9	20	26.2 ^c	26.3	20	21.4 ^{bc}	26.5	20 (10)	-55.3 ^{bc}	64.9

Las medias que comparten la misma letra de superíndice dentro de cada columna no presentan diferencias estadísticamente significativas en cada nivel ($P < 0.05$).

¹ Muestras con pérdida de WL que no pudieron ser medidas en el nivel D₀.

² (Número de conductos con pérdida de longitud de trabajo).

6.1.2. Tiempo de trabajo

El tiempo medio para preparar un conducto hasta una lima 40/04 con ambos sistemas se muestra en la siguiente tabla (Tabla 3). La instrumentación con K3 fue significativamente más rápida ($P < .05$).

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el primer y segundo uso del instrumento para ambos sistemas ($P > .05$).

Tabla 3 Media de tiempo de preparación (segundos) y desviación estándar (DS) de los dos sistemas evaluados.

Sistema	n	Tiempo (seg.)	
		Media	DS
K3XF	40	40.2^a	17.7
1 ^{er} uso	20	43.4 ^a	16.7
2 ^o uso	20	37.0 ^{ab}	18.6
K3	40	29.6^a	15.5
1 ^{er} uso	20	30.6 ^b	14.7
2 ^o uso	20	28.6 ^b	16.5

Las medias que comparten la misma letra de superíndice dentro de cada columna no presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$).

6.2 ESTUDIO 2

6.2.1 Transporte coronal

A dos milímetros bajo el nivel de furca, la instrumentación con K3XF resultó en un estadísticamente significativo menor transporte comparado con K3 en dirección mesiodistal cuando se instrumentó hasta una lima 40.04 ($P = 0,0136$). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los demás niveles evaluados. De acuerdo con el número de usos, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos ($P > 0.05$) (Tabla 4).

Tabla 4: Comparación del transporte coronal a 1, 2 y 3mm bajo el nivel de furca en dirección mesiodistal (MD) y vestibulolingual (VL). Valores de tendencia central (Mediana) y de dispersión (IQR) expresados en μm .

Grupo	Lima	Uso	Transporte coronal							
			Evaluación Mesiodistal			Evaluación Vestibulolingual				
			1 mm	2 mm	3 mm	1 mm	2 mm	3 mm		
K3XF	25 XF	1er	Mediana	13 ^{ab}	2	-39	111	-8	109	8
			IQR	88	126	81	114	91	-26	78
	30 XF	2o	Mediana	5	18	-39	104	-13	127	31
			IQR	81	141	40	104	127	31	76
	30 XF	1er	Mediana	9 ^{ab}	8	-64	119	-20	118	3
			IQR	125	133	88	119	118	3	101
	35 XF	2o	Mediana	17	-15	-64	110	-20	67	-38
			IQR	118	104	121	110	67	-38	99
	35 XF	1er	Mediana	2	21	-49	123	-20	123	24
			IQR	109	127	55	123	123	24	63
	35 XF	2o	Mediana	2 ^{ab}	6	-68	133	-41	106	-16
			IQR	101	125	136	133	106	-16	123
	40 XF	1er	Mediana	-5	-31	-79	115	-31	84	-56
			IQR	109	125	110	115	84	-56	108
	40 XF	2o	Mediana	10	12	-5	129	-59	145	5
			IQR	130	126	126	129	145	5	84
	40 XF	1er	Mediana	12 ^a	-4	-70	163	-51	141	-36
			IQR	107	152	145	163	141	-36	119
	25 K3	2o	Mediana	-4	-22	-95	153	-49	123	-65
			IQR	82	142	140	153	123	-65	117
	25 K3	1er	Mediana	19	16	-24	124	-51	150	-2
			IQR	99	167	133	124	150	-2	137
	30 K3	2o	Mediana	-32 ^{ab}	2	-8	91	-40	90	-10
			IQR	123	103	60	91	90	-10	91
	30 K3	1er	Mediana	-27	34	-13	83	-28	89	-7
			IQR	109	93	61	83	89	-7	53
	30 K3	2o	Mediana	-35	8	-8	110	-41	83	-47
			IQR	169	133	90	94	99	-34	122
	35 K3	1er	Mediana	-27	2	-24	64	-62	55	-4
			IQR	161	117	89	64	55	-4	86
	35 K3	2o	Mediana	1	31	-15	160	-39	122	-76
			IQR	119	134	81	160	122	-76	119
	40 K3	1er	Mediana	-34 ^{ab}	-1	-39	123	-70	123	-45
			IQR	178	163	111	123	123	-45	165
	40 K3	2o	Mediana	-33	-15	-38	57	-76	105	-27
			IQR	108	124	89	57	105	-27	123
	40 K3	1er	Mediana	-38	26	-45	178	-70	186	-66
			IQR	102	131	118	178	186	-66	159
	40 K3	2o	Mediana	-58 ^b	-6	-60	162	-93	143	-76
			IQR	175	142	142	162	143	-76	190
	40 K3	1er	Mediana	-83	-29	-60	110	-83	105	-49
			IQR	136	136	119	110	105	-49	141
	40 K3	2o	Mediana	-45	14	-50	195	-93	187	-106
			IQR	82	147	165	195	187	-106	189

Las medianas que comparten la misma letra de superíndice dentro de cada columna no presentan diferencias estadísticamente significativas en cada nivel ($P < 0.05$).

Un valor positivo indica que el transporte es en dirección mesiodistal en la evaluación MD y transporte hacia la superficie externa de la raíz (Lingual en conductos mesiolinguales y vestibular en conductos mesiovestibulares) en la evaluación VL. Los valores negativos indican transporte en la dirección opuesta.

6.2.2 Ratio de centrado

A 1 y 3 mm del nivel furcal, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre grupos en cuanto al ratio de centrado ($P > .05$). Sin embargo a 2 mm, en el grupo instrumentado con K3XF, se evaluó un significativo aumento del ratio de centrado cuando se instrumentó hasta un 40.04 comparado con un ensanchamiento apical con 25.04 en ambas direcciones, MD ($P = 0,0025$) y VL ($P = 0,0007$). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en relación al número de usos ($P > 0.05$) (Tabla 5).

Tabla 5: Análisis estadístico de los valores de Ratio de Centrado para los grupos testados a 1, 2 y 3 mm bajo el nivel de furca en dirección mesiodistal (MD) y vestibulolingual (VL).

		Ratio de centrado												
		Evaluación mesiodistal						Evaluación vestibulolingual						
Grupo	Lima	Uso	1 mm		2 mm		3 mm		1 mm		2 mm		3 mm	
			Mediana	IQR	Mediana	IQR	Mediana	IQR	Mediana	IQR	Mediana	IQR	Mediana	IQR
K3XF	25 XF	1er	0,55	0,37	0,46 ^a	0,41	0,62	0,28	0,47	0,46	0,40 ^a	0,31	0,50	0,31
			0,54	0,22	0,52	0,54	0,51	0,30	0,51	0,44	0,40	0,24	0,36	0,30
	30 XF	2o	0,58	0,55	0,44	0,14	0,72	0,18	0,38	0,44	0,38	0,33	0,50	0,23
			0,53	0,38	0,56 ^{ab}	0,42	0,70	0,31	0,52	0,38	0,57 ^{ab}	0,35	0,57	0,41
		1er	0,60	0,35	0,51	0,42	0,58	0,31	0,55	0,30	0,58	0,43	0,54	0,31
			0,47	0,41	0,61	0,45	0,72	0,28	0,43	0,43	0,52	0,33	0,62	0,28
	35 XF	2o	0,66	0,32	0,69 ^{ab}	0,42	0,66	0,30	0,49	0,46	0,65 ^{ab}	0,31	0,60	0,40
			0,71	0,26	0,70	0,36	0,67	0,23	0,49	0,38	0,77	0,26	0,53	0,39
		2o	0,52	0,27	0,59	0,40	0,64	0,35	0,53	0,52	0,55	0,24	0,75	0,27
			0,68	0,26	0,71 ^b	0,34	0,70	0,21	0,55	0,49	0,61 ^b	0,28	0,68	0,37
	40 XF	1er	0,74	0,29	0,72	0,15	0,71	0,21	0,56	0,44	0,58	0,34	0,57	0,30
			0,660	0,33	0,59	0,33	0,70	0,22	0,52	0,53	0,65	0,26	0,73	0,25
K3	25 K3		0,58	0,58	0,60 ^{ab}	0,38	0,74	0,39	0,58	0,45	0,53 ^{ab}	0,54	0,57	0,23
			0,51	0,41	0,62	0,42	0,71	0,42	0,72	0,34	0,58	0,57	0,63	0,31
		2o	0,69	0,60	0,60	0,36	0,74	0,33	0,49	0,39	0,45	0,52	0,55	0,11
			0,60	0,53	0,58 ^{ab}	0,41	0,70	0,33	0,67	0,48	0,52 ^{ab}	0,44	0,54	0,25
	30 K3	1er	0,57	0,54	0,56	0,36	0,68	0,31	0,78	0,34	0,47	0,38	0,56	0,24
			0,62	0,51	0,59	0,41	0,74	0,33	0,55	0,47	0,56	0,45	0,53	0,23
	35 K3	2o	0,70	0,42	0,70 ^{ab}	0,33	0,77	0,29	0,68	0,33	0,55 ^{ab}	0,34	0,59	0,31
			0,66	0,35	0,69	0,33	0,79	0,20	0,72	0,18	0,61	0,35	0,59	0,32
		2o	0,73	0,37	0,71	0,34	0,76	0,27	0,51	0,52	0,48	0,34	0,56	0,31
			0,76	0,37	0,67 ^{ab}	0,31	0,77	0,22	0,64	0,33	0,61 ^{ab}	0,34	0,60	0,33
	40 K3	1er	0,62	0,32	0,67	0,22	0,79	0,26	0,66	0,19	0,67	0,33	0,59	0,34
			0,85	0,23	0,71	0,36	0,72	0,21	0,57	0,52	0,55	0,37	0,60	0,30

Las medianas que comparten la misma letra de superíndice dentro de cada columna no presentan diferencias estadísticamente significativas en cada nivel (P < .05).

6.2.3 Remoción de dentina hacia el área de peligro

En los tres niveles evaluados, la instrumentación con K3 removió una mayor cantidad de dentina hacia el área de peligro. Sin embargo las diferencias únicamente fueron estadísticamente significativas a 2 mm bajo el nivel de furca cuando se instrumentó hasta un 40.04 ($P = 0,0039$). En relación con el calibre del instrumento, en ambos sistemas se encontraron diferencias significativas cuando se instrumentó hasta una lima de 35.04 y 40.04 comparado con limas 25.04 y 30.04 ($P < 0.05$) (Tabla 6).

Tabla 6: Comparación de remoción de dentina hacia el área de peligro para los grupos testados a 1, 2 y 3 mm bajo el nivel de furca. Medianas y rangos intercuartílicos (IQR) expresados en mm.

		Remoción de dentina hacia el área de peligro						
		1 mm		2 mm		3 mm		
Grupo	Lima	Uso	Mediana	IQR	Mediana	IQR	Mediana	IQR
K3XF	25 XF		0,098^a	0,007	0,069^a	0,009	0,060^a	0,005
		1er	0,099 ^a	0,056	0,064 ^a	0,069	0,060 ^a	0,049
		2o	0,088 ^a	0,083	0,072 ^a	0,120	0,079 ^a	0,056
	30 XF		0,115^b	0,046	0,105^{ab}	0,025	0,101^{ab}	0,032
		1er	0,117 ^{ab}	0,090	0,118 ^{ab}	0,099	0,083 ^{ab}	0,099
		2o	0,106 ^a	0,059	0,096 ^{ab}	0,115	0,118 ^{ab}	0,051
35 XF		0,162^b	0,088	0,164^b	0,074	0,150^{bc}	0,073	
	1er	0,167 ^b	0,091	0,175 ^{ab}	0,113	0,150 ^b	0,090	
	2o	0,141 ^{ab}	0,073	0,141 ^{ab}	0,110	0,154 ^{ab}	0,069	
40 XF		0,204^b	0,124	*0,279^{bc}	0,124	0,176^c	0,126	
	1er	0,211 ^{bc}	0,106	0,195 ^{bc}	0,112	0,181 ^{bc}	0,094	
	2o	0,192 ^b	0,074	0,168 ^{bc}	0,113	0,176 ^{bc}	0,073	
K3	25 K3		0,113^a	0,056	0,121^a	0,066	0,064^a	0,039
		1er	0,116 ^a	0,120	0,122 ^a	0,050	0,060 ^a	0,067
		2o	0,094 ^a	0,066	0,099 ^a	0,075	0,113 ^a	0,092
	30 K3		0,145^a	0,083	0,141^a	0,087	0,119^a	0,050
		1er	0,159 ^{ab}	0,108	0,150 ^{ab}	0,065	0,106 ^{ab}	0,092
		2o	0,132 ^a	0,063	0,135 ^{ab}	0,087	0,127 ^{ab}	0,092
35 K3		0,189^b	0,123	0,201^b	0,126	0,173^b	0,079	
	1er	0,233 ^b	0,104	0,206 ^b	0,085	0,144 ^b	0,096	
	2o	0,166 ^{ab}	0,058	0,200 ^b	0,089	0,189 ^{ab}	0,082	
40 K3		0,249^b	0,158	*0,279^b	0,163	0,225^{bc}	0,151	
	1er	0,261 ^{bc}	0,153	0,287 ^b	0,115	0,204 ^{bc}	0,069	
	2o	0,213 ^{bc}	0,086	0,264 ^b	0,117	0,244 ^{bc}	0,062	

Las medianas que comparten la misma letra de superíndice dentro de cada columna no presentan diferencias estadísticamente significativas en cada nivel ($P < 0.05$).

* Representa diferencias estadísticamente significativas entre K3 and K3XF bajo el mismo ensanchamiento apical.

6.3 ESTUDIO 3

6.3.1 Acuerdo entre examinadores

Los resultados de la correlación de rangos de Spearman mostraron que hubo un alto acuerdo entre examinadores con un valor medio de 0.9314 para la evaluación de defectos en los instrumentos.

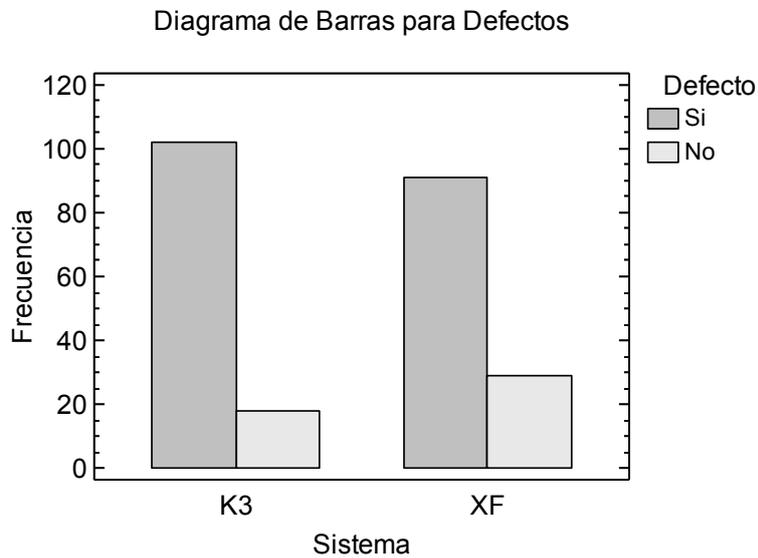
6.3.2 Evaluación de los defectos producidos

La descripción de los datos categóricos de los diferentes tipos de defectos dentro del grupo de los instrumentos K3, mostró que de las 120 limas utilizadas, el 85 % (102 limas) no mostraron ningún tipo de defecto (Tabla 1). Dentro del 15 % restante (18 limas), 2 limas sufrieron un ligero enderezamiento (1,67 %), 7 limas mostraron signos de enderezamiento severo (5,83 %) y 9 limas algún grado de desespiración (7,5 %). Con respecto al grupo K3XF, el 75,83 de los instrumentos no mostraron ningún tipo de defecto (91 limas). Del 24,17 % de limas restante que mostraron defectos (29 limas), 4 limas sufrieron una ligero enderezamiento (3,33 %), 12 limas mostraron signos de enderezamiento severo (10 %) y 13 limas algún grado de desespiración (10,83 %).

Tabla 7: Tabla cruzada representativa del número de instrumentos por defecto detectado.

	0	1	2	3	4	n
K3XF	96	4	12	13	0	120
25.08	19	0	1	0	0	20
25.06	18	0	1	1	0	20
25.04	11	1	5	6	0	20
30.04	12	1	4	3	0	20
35.04	14	2	1	3	0	20
40.04	20	0	0	0	0	20
K3	102	2	7	9	0	120
25.08	19	0	1	0	0	20
25.06	19	1	0	0	0	20
25.04	11	0	3	5	0	20
30.04	13	1	3	3	0	20
35.04	19	0	0	1	0	20
40.04	20	0	0	0	0	20

Figura 4: Diagrama de barras correspondiente al número de instrumentos por sistema que presentaron o no algún tipo de defecto.



Los instrumentos K3XF mostraron un mayor número de instrumentos con defectos, pero el test de chi-cuadrado no mostró diferencias estadísticamente significativas entre ambos sistemas ($P = 0.0736$).

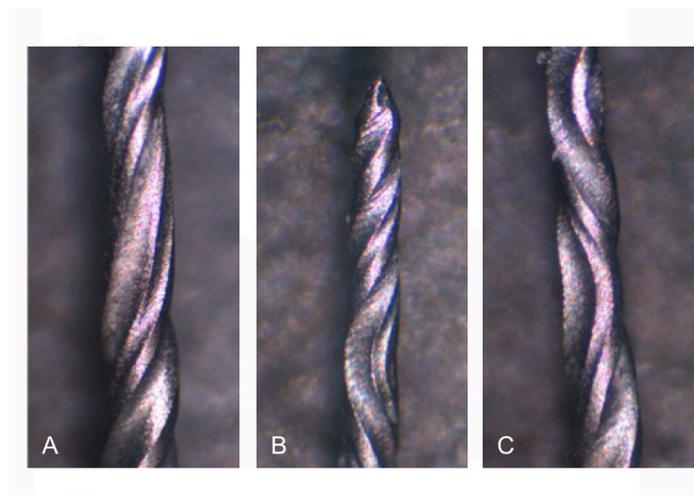


Figura 5. Imágenes representativas de los defectos producidos.

A: enderezamiento leve; B: enderezamiento avanzado; C: despiración.

No se produjo ninguna fractura durante el estudio. La comparación entre sistemas según los diferentes tipos de defectos de los instrumentos, tampoco mostró diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$), aunque la desespiración fue el defecto más común.

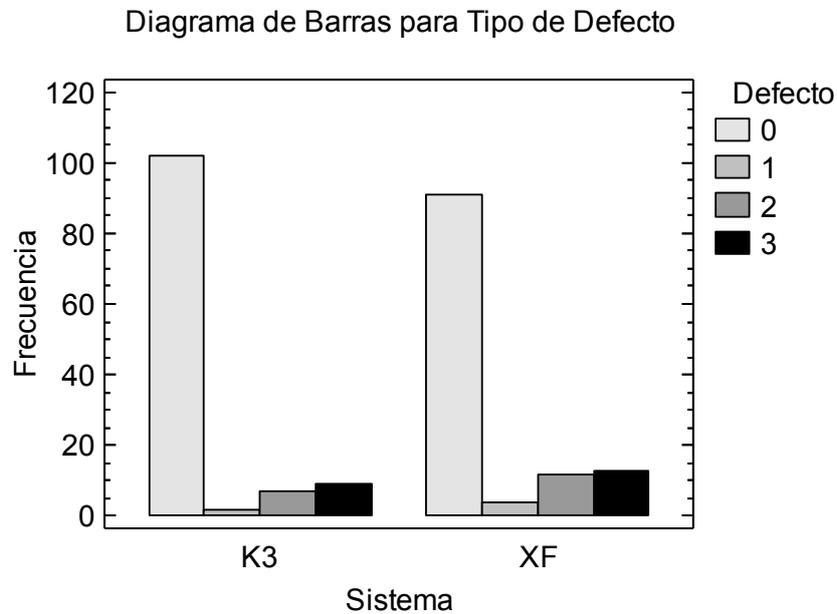


Figura 6: Diagrama de barras correspondiente al tipo de defecto que mostraron los instrumentos por sistema de instrumentación.

El instrumento 25.04 fue el que presentó un mayor número de defectos comparado con el resto de instrumentos de la secuencia de cada sistema, tanto para K3 como para K3XF ($P < 0.05$), además, en el sistema K3, también los instrumentos 30.04 presentaron un mayor número de defectos ($P < 0.05$).

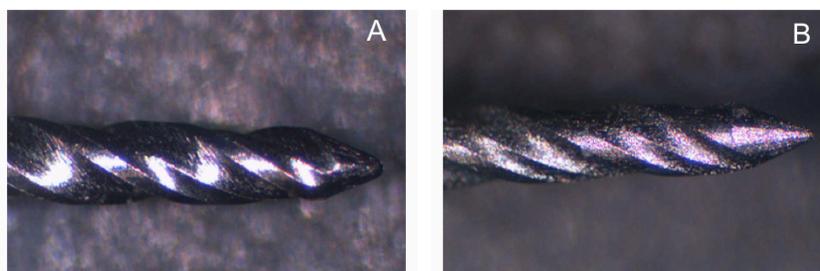


Figura 7. Imágenes representativas de las puntas tras el segundo uso de los instrumentos K3 (A) y K3XF (B) con numerosos microporos en el instrumento K3XF anteriormente reportados por Ha y cols. (4).

Z · B F S O H S I O N

Este trabajo tenía como objetivo la comparación de los sistemas rotatorios de níquel titanio K3[®] y K3XF[®] mediante la evaluación de un progresivo incremento del ensanchamiento apical en conductos mesiales de primeros molares mandibulares hasta un calibre apical de 40.04 y la evaluación posterior de las deformidades producidas por éstos en los conductos así como la evaluación de los defectos provocados durante la instrumentación en estos. Una deformación iatrogénica de la anatomía original del conducto, puede resultar en un incremento en la dificultad de conseguir un sellado adecuado, debilitamiento excesiva de los dientes incrementando el riesgo de fractura de los mismos e incluso al fracaso del tratamiento endodóntico en sí mismo.

7.1 DISCUSIÓN DE LA METODOLOGÍA

7.1.1 Selección de la muestra: Dientes naturales o cubiletes de resina

A pesar de que el uso de cubiletes de resina ha sido ampliamente utilizado (41, 55, 77,78,79) y permite el estudio o comparación de distintos instrumentos o secuencias de instrumentación bajo unas condiciones idénticas (grado, localización y radio de curvatura en las tres dimensiones) éstos presentan una serie de desventajas.

La microdureza de la dentina cerca de la pulpa es de 35-40 kg/mm², sin embargo, la de la resina de los cubiletes que se utilizan como conductos artificiales es de aproximadamente 20-22 kg/mm² (33, 80). Además, se estima que la fuerza necesaria para remover dentina es el doble que para resina (81).

A esto hay que sumarle que los chips producidos al instrumentar son distintos, pudiendo por tanto, afectar al bloqueo del espacio del conducto y a la remoción de detritus durante la instrumentación (38, 81).

Como ya ha sido bien descrito por Hülsmann (9), la reproducción de las condiciones o situaciones clínicas debería ser el principal objetivo cuando se establece o propone una metodología experimental, y por tanto, el uso de dientes extraídos es la manera más fiable de evaluar aspectos o parámetros propios de la instrumentación.

Sin embargo, la variación de la morfología intraconducto hace que la estandarización en los estudios sea difícil de llevar a cabo (82). Por lo tanto, realizamos un intento de homogeneización de la muestra seleccionando molares mandibulares con estructuras radiculares similares con dos conductos mesiales independientes. Además, estandarizamos la longitud de trabajo a 19 mm y se realizó una distribución randomizada de los conductos en los distintos grupos experimentales y de control según el ángulo y radio de curvatura y el grosor de dentina hacia el área de peligro.

7.1.2 Preparación de la muestra: decoronación

En algunos estudios in vitro es común la decoronación de las muestras para evaluar la preparación y el comportamiento de los instrumentos (83). Sin embargo la presencia de la corona interfiere en el acceso directo al conducto durante la preparación, por lo que puede influir en el ensanchamiento cervical aumentando el riesgo de complicaciones como un debilitamiento excesivo de la raíz, “stripping” o perforaciones (84).

7.1.3 Preparación de los instrumentos: Esterilización de los instrumentos

Los resultados de estudios que evalúan los efectos de esterilización sobre los instrumentos de Ni-Ti no dejan claro la influencia en este aspecto. Silvaggio y Hicks (85) demostraron que la esterilización no reducía la resistencia de los instrumentos de níquel titanio. Además se ha reportado que tampoco existe una influencia significativa en cuanto a la fuerza torsional, dureza y la microestructura del instrumento con el número de ciclos de esterilización (86).

Sin embargo otros estudios reflejan una reducción en la flexibilidad de los instrumentos y unos resultados inconclusivos en cuanto a la fuerza torsional y el número de ciclos de esterilización (87). Además de recuperar la deformación producida durante la instrumentación por calentamiento a temperaturas superiores a 125°, Melo y

col. (88) encontraron un aumento en la microdureza de los instrumentos de aproximadamente el 10% tras cinco ciclos de esterilización.

A pesar de que los ciclos repetidos de esterilización puedan o no influenciar las propiedades mecánicas de los instrumentos de NiTi, los prototipos de las K3XF demostraron un aumento en la resistencia a la fatiga cíclica (89). Por lo tanto y como es un requisito indispensable para la práctica diaria, se autoclavaron todos los instrumentos antes de su utilización.

7.1.4 Circuito de irrigación: abierto o cerrado

Los dientes se montaron en silicona con la porción apical cubierta con una fina capa de cera para asegurar un comportamiento de circuito cerrado. Como la raíz está encerrada en el hueso alveolar, se comporta como un conducto con un final cerrado, produciendo un efecto de burbuja de aire apical durante la distribución del irrigante lo que impide o dificulta el acceso al tercio apical del irrigante (90). Nuestro estudio fue diseñado para asemejarse a dicha situación.

7.1.5 Selección del modelo: fantoma y maniquí

Basándonos en las recomendaciones de Hülsmann (9), nuestro objetivo principal fue reproducir las condiciones habituales en la clínica. En la mayoría de estudios que evalúan parámetros relacionados con la instrumentación, no se mantiene ningún tipo de control de las variables relacionadas ni con la posición del diente en la arcada, ni la del operador. Una aproximación es la de utilizar aislamiento absoluto con dique de goma y clamp como en los estudios de Hülsmann y Versümer (91, 92). Además, nosotros montamos cada muestra en la posición del primer molar mandibular de un fantoma y después fue llevado a un simulador dental adulto, en la que se controlaba que el acceso del operador al diente era siempre desde la misma posición.

7.1.6 Selección de los sistemas de instrumentación

Son diversos los estudios que han subrayado la correlación entre la flexibilidad de los instrumentos de níquel titanio y su influencia en preparaciones más centradas (41, 42).

Comparamos los sistemas K3 y K3XF porque son dos sistemas que poseen las mismas características geométricas de diseño, sección en triple U invertida con tres bordes cortantes y tres apoyos radiales (5). Únicamente difieren en el tratamiento térmico sobre la aleación de las K3XF, utilizando la tecnología de la Fase-R. Un proceso termomecánico que ha reportado una mejora en las propiedades de los instrumentos de Ni-Ti (1, 2). Las limas K3XF poseen una mayor resistencia a la fatiga cíclica tanto en rotación continua (un 43% superior para conicidad del .04 y un 37% superior para las del .06) como en rotación recíproca (3) comparado con las limas K3, manteniendo la misma resistencia torsional (4). Como comparten las mismas características geométricas, nos permite evaluar diferencias entre dichos instrumentos que únicamente serían atribuibles a esta tecnología, la fase-R.

7.1.7 Selección la secuencia de instrumentación

Hasta la fecha no existe una recomendación específica del fabricante de una secuencia para la instrumentación de conductos severamente curvos. El fabricante debería recomendar una secuencia apropiada en este tipo de casos para reducir el riesgo de separación de los instrumentos utilizados (93). Por lo tanto, la secuencia utilizada en este estudio supone una modificación de la propuesta por Schafer en 2003 (93), con el objetivo de reducir el número de instrumentos separados (6 instrumentos: 2.1% del total de instrumentos empleados y un 16.7% de los conductos instrumentados) en su estudio. El objetivo, en este estudio se cumplió, pues ningún instrumento se fracturó, aunque somos conscientes de que este hecho pueda no deberse a la secuencia empleada, tampoco parece que incremente la posibilidad de fracaso por separación. Sin embargo, tuvimos en cuenta que en las técnicas de instrumentación coronal apicales, el pre-ensanchamiento coronal permite una preparación apical con un reducido riesgo de errores de procedimiento y también que una remoción excesiva del tercio coronal puede llevarnos a una serie de complicaciones de tipo iatrogénico como perforaciones y/o

“strippings” y que una pérdida excesiva de tejido reduce la resistencia a la fractura de los dientes.

Además, otro objetivo era poder comparar nuestros resultados con otros estudios, en este caso especialmente con el de Durán-Sindreu y cols. (94) puesto que analizan el transporte apical con los otros instrumentos fabricados en fase-R, los instrumentos Twisted Files (Sybron Endo, Glendora), en el que utilizan la misma secuencia de instrumentación utilizada en nuestro estudio: 25.08, 25.06, 25.05, 30.04, 35.04 y 40.04.

7.1.8 Selección del calibre apical

La porción apical del conducto puede albergar un nivel de microorganismos que podrían mantener un proceso de periodontitis apical (21, 47). Por esta razón diversos autores abogan por preparaciones apicales amplias de un calibre #40 (21, 23, 24, 47). Esto permite un acceso de las soluciones de irrigación al tercio apical y una reducción de las bacterias remanentes y detritus de dentina en comparación con preparaciones más pequeñas. Sin embargo no parece existir un consenso amplio en que calibre debería tener la preparación final. Salzgeber y cols. (22) reportaron que los conductos deberían ensancharse apicalmente hasta al menos un calibre de #35. Khademi y cols. (48) por su parte concluyeron que con un calibre de #30 es suficiente, aunque en su estudio el ensanchamiento apical lo realizan con instrumentos de una conicidad superior. Por el contrario algunos autores recomiendan preparaciones apicales mínimas porque a medida que ensanchamos el calibre apical, aumenta también el riesgo de producir errores iatrogénicos anteriormente explicados (49, 51). Sin embargo parece que todavía estas recomendaciones están basadas todavía en impresiones clínicas (6).

Por lo tanto nosotros evaluamos tanto el transporte apical, transporte coronal, ratio de centrado y remoción de dentina hacia el área de peligro tras cada lima que alcanzó la longitud de trabajo (25.04, 30.04, 35.04) hasta la preparación final de 40.04.

En la literatura, no existen estudios que hayan evaluado la preparación de conductos radiculares de dientes extraídos instrumentados hasta 40/04 con los sistemas K3[®] y K3XF[®].

7.1.9 Selección del número de usos

El uso repetido de las limas da como resultado modificaciones en los bordes del instrumento, lo que resulta en una reducción en el volumen de la preparación debido a que el instrumento pierde capacidad de corte (55, 57). Al perder capacidad de corte aumenta el tiempo de trabajo necesario, aumentando el número de ciclos dentro del conducto aumentando el riesgo de fractura por fatiga cíclica. Una situación que el clínico tiende a compensar con un aumento en la presión del instrumento hacia el interior del conducto aumentando el riesgo de fractura por torsión del mismo (2). Además, la fractura se puede producir sin ningún signo visible de deformación bajo microscopio operatorio (60). Por estas razones cada instrumento en el estudio sirvió únicamente para preparar dos conductos., un mesiolingual y un mesiovestibular.

A pesar de los riesgos que supone el uso repetido de los instrumentos rotatorios, hay una tendencia a reutilizarlos por razones económicas (59). En la literatura no hay un consenso con respecto al número de usos y la probabilidad de fractura del mismo (60). Además la magnitud de estrés y deterioro producido sobre el instrumento depende principalmente de la configuración del conducto más que de las características del instrumento per se, especialmente en conductos curvos (61, 62).

7.1.10 Evaluación del transporte apical

Se han propuesto distintas técnicas para la evaluación del transporte apical. Nosotros utilizamos una técnica superposición radiográfica, que es una técnica que es potencialmente informativa. Además mediante el uso de plantillas individualizadas para cada muestra y posición y distancia constante del tubo de rayos X, nos permite la superposición de imágenes pre y post instrumentación. Nos permite realizar un estudio en dos dimensiones del comportamiento de los instrumentos en el interior del conducto (95, 96, 97). La escogimos para nuestro estudio ya que es una técnica fiable, rápida, precisa y de bajo coste para determinar el transporte apical en conductos curvos (55). Sin embargo, existe una inhabilidad o complicación relativa del operador de visualizar la compleja anatomía mediante radiografías (98)

Para aumentar la precisión, se evaluó el transporte apical desde dos proyecciones, vestibulolingual y mesiodistal. Una radiografía perpendicular añadida permite aportar información en la tercera dimensión, sin embargo, está lejos de revelar la información volumétrica para un análisis cuantitativo (55).

Además, como los estudios demuestran que la preparación mecánica conlleva una leve desviación del eje central del conducto con una leve pérdida de longitud de trabajo, lo que impide medir a D_0 en todas las muestras (95, 99). Por ese motivo el transporte apical se midió en este estudio a longitud de trabajo, a 0,5 y 1mm de la longitud de trabajo (100).

Entre las alternativas que nos permitan evaluar los cambios producidos desde el inicio hasta la preparación final, está la técnica propuesta por Bramante (101), en esta técnica se realiza una sección de los conductos antes de la instrumentación, posteriormente se vuelven a ensamblar y una vez son instrumentados se vuelven a evaluar las secciones para observar los cambios que se han producido. Esta técnica proporciona excelentes resultados, pero muchos dientes se pierden durante el proceso de montaje de las secciones transversales por los escalones producidos durante los espacios entre las secciones de las raíces.

Sin embargo, según (95) no existe una técnica estandarizada que nos permita evaluar y comparar el transporte apical, ya que todas las técnicas tienen diferentes limitaciones.

El uso de la tomografía computarizada y de haz cónico también ha sido utilizada para el análisis del transporte apical, sin embargo, la resolución de las imágenes en ocasiones no es suficientemente alta, y los resultados están demasiado sujetos a la libre interpretación de una escala de grises, más que de un contorno definido del conducto. Sin embargo sí que presentan una mayor resolución en el tercio coronal, donde son una herramienta de una alta utilidad como describiremos en el punto siguiente.

La tomografía computarizada de alta resolución (*microCT*), es una herramienta prometedora para estudiar el tercio apical, sin embargo, es una técnica que requiere mucho tiempo y es económicamente muy costosa, inviable para muchos investigadores (44, 102, 103).

7.1.11 Evaluación del transporte coronal, ratio de centrado y el grosor de dentina en el área de peligro

En la literatura se ha analizado la preparación mecánica mediante diversas metodologías como la evaluación mediante secciones transversales (101, 102) y la tomografía computerizada (55, 56, 103, 104). La tomografía computerizada de haz cónico (CBCT) ofrece una aceptable resolución en los tres planos del espacio a demás de ser una técnica no destructiva y que permite una comparación de los cambios producidos durante y después de la preparación final (104). Permite a diferencia de en el tercio apical unas imágenes de una alta resolución que permiten diferenciar claramente el contorno del conducto. Por lo tanto, aunque no resultaba una metodología fiable para evaluar el transporte apical, sí que es una herramienta adecuada para la evaluación del tercio coronal para la medición del transporte, ratio de centrado y remoción de dentina.

Los valores de transporte o habilidad de centrado no muestran diferencias en remoción de dentina. Como los instrumentos remueven dentina en todas direcciones, una remoción de dentina excesiva puede permanecer inapreciable al calcular estas variables. Por este motivo medimos también los cambios producidos en la remoción de dentina hacia el área de peligro, donde existe un aumento del riesgo de producir un daño iatrogénico como una perforación por “stripping” (76).

7.1.12 Evaluación de los defectos producidos en los instrumentos

Defectos menores en los instrumentos no pueden ser apreciados a simple vista y está recomendado una magnificación de al menos 10x para una examinación adecuada de las limas. El fallo del instrumento puede producirse sin ningún signo visible de deformación bajo microscopio operatorio (60) aparentemente dentro del límite elástico del instrumento (63). Por lo tanto la visualización directa, no es un método fiable para evaluar instrumentos usados (64). Aún así, entre el primer y segundo uso si que se evaluaron los posibles defectos de los instrumentos a simple vista, ya que la determinación mediante un estéreomicroscopio puede no ser aplicable a la práctica habitual de clínica diaria.

Como hemos dicho anteriormente, existen diversas clasificaciones de los diferentes tipos de defectos (65, 66, 67). En nuestro estudio se utilizó una modificación de la clasificación propuesta por Chakka y cols. (67), porque creímos adecuada una simplificación y división en fallos moderados y severos del instrumento a evaluar.

7.2 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

7.2.1 Transporte apical y pérdida de longitud de trabajo

Los instrumentos evaluados son idénticos en producción y diseño y difieren únicamente en el post tratamiento térmico. Las ventajas clínicas del nuevo tratamiento térmico que posee una mayor flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica (1) debería permitir la preparación de conductos curvos con un menor riesgo de transporte apical y errores iatrogénicos. Sin embargo, bajo las condiciones de nuestro estudio, esta mejora parece no afectar a la capacidad de preparar conductos curvos en términos de transporte apical y pérdida de longitud de trabajo.

En cuanto al calibre de las preparaciones, nuestros resultados reflejaron una diferencia estadísticamente significativa tanto en pérdida de longitud de trabajo como de transporte apical cuando se realizaba un ensanchamiento apical hasta calibres de 35-40. Consistente con nuestros resultados, López y cols. (97) también reportaron valores de transporte apical significativamente superiores con preparaciones de 35 y 40. Sin embargo, basados en la literatura estas diferencias pueden no afectar al pronóstico del tratamiento puesto que ninguna de las muestras del estudio alcanzaron el nivel de transporte apical reportado por Wu y cols. (69). Bajo las condiciones de su estudio, un transporte apical superior a 0.3 mm comprometía significativamente la obturación del conducto.

Por lo tanto, bajo las condiciones de nuestro estudio, preparaciones a calibres grandes con instrumentos de conicidad reducida parecen un método adecuado para evitar un transporte apical que sea clínicamente significativo, especialmente en situaciones que requieran un ensanchamiento apical mayor como es el caso de pulpas

necróticas asociadas a lesiones periapicales.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que el ensanchamiento apical puede resultar en defectos dentinarios. Liu y cols. (105) estudiaron la incidencia de propagación de cracks y desprendimientos de dentina a diferentes longitudes de trabajo. Llegaron a la conclusión de que la preparación apical debería realizarse exclusivamente con instrumentos manuales de Ni-Ti. Sin embargo, en su estudio utilizaron instrumentos de una conicidad mayor que en nuestro. Además instrumentaron incisivos inferiores, que tienen conductos más estrechos con un grosor de dentina reducido, condiciones que pueden alterar la resistencia de las paredes de dentina a la preparación con instrumentos de mayor tamaño.

Los resultados de nuestro estudio mostraron que una preparación a un calibre 25 con in instrumento de conicidad del 4% no se producía transporte apical aparente. Consistente con nuestros resultados, Karabukak y cols. (100) encontraron resultados de transporte apical mínimos con calibres del 25#. Esta diferencia, aunque no significativa, puede deberse a la conicidad empleada para la preparación, menor en nuestro estudio.

Además en un estudio reciente Zhao y cols. (103) utilizaron una micro-tomografía computerizada para evaluar el transporte producido con el sistema K3. Encontraron valores de transporte apical superiores a nuestro estudio tras el ensanchamiento apical hasta un calibre de 30 el nivel apical (36.79 ± 17.98). Estos valores de transporte son comparables con el transporte encontrado en nuestro estudio tras la preparación hasta un instrumento 40.04. Todas estas diferencias pueden ser explicadas porque a una conicidad menor, aumenta la flexibilidad del instrumento, reduciendo el riesgo de transporte (75).

Por lo tanto, podemos decir que bajo las condiciones de este estudio en un modelo de simulador adulto, el análisis de los datos obtenidos tanto la instrumentación con los sistemas rotatorios de Ni-Ti K3 y K3XF prepararon conductos severamente curvos sin diferencias estadísticamente significativas en cuanto a transporte apical y pérdida de longitud de trabajo se refiere.

A pesar de las diferencias encontradas al realizar un ensanchamiento apical mayor, a calibres 35 y 40, el transporte apical producido parece no ser clínicamente significativo. Por lo tanto podemos concluir que se puede realizar un ensanchamiento

apical hasta calibres 35-40 cuando el caso lo requiera con los instrumentos K3 y K3XF.

7.2.2 Tiempo de instrumentación

La preparación de los conductos severamente curvos de este estudio fue significativamente más rápida con el sistema K3 en comparación con el sistema K3XF.

La Fase-R ha demostrado un aumento de la flexibilidad de los instrumentos (1). Por lo tanto es necesaria una menor presión sobre las paredes del conducto en comparación con instrumentos convencionales de Ni-Ti (106). El operador instrumentó 40 conductos con cada sistema antes de realizar la instrumentación de los conductos del estudio. Aunque la experiencia en ambos sistemas era idéntica, la experiencia previa con otros sistemas confeccionados con un Ni-Ti convencional, podrían haber influido en el manejo de los instrumentos en el interior del conducto, lo que podría en parte explicar las diferencias obtenidas.

Otro motivo puede ser explicado por el demostrado aumento de remoción de dentina en el tercio coronal. Un acceso coronal más amplio permite una preparación del tercio apical con un menor grado de estrés del instrumento, porque existe un acceso del instrumento menos forzado.

7.2.3 Transporte coronal, ratio de centrado y remoción de dentina

De acuerdo con Gambill y cols. (54), el valor medio del ratio de centrado indica la capacidad del instrumento a permanecen centrado en el conducto durante la preparación del mismo. Los resultados de nuestro estudio están en concordancia con otros estudios, donde los instrumentos rotatorios de Ni-Ti permitieron la preparación de conductos curvos con un mínimo riesgo de transporte y altos ratios de centrado (55, 56). A pesar de que la conformación de los conductos se realice mediante un método de anticurvatura, se removió mayor cantidad de dentina en la cara interna de la curvatura. Bergmans y cols. (74) concluyeron que esto es debido a la estructura cervical de dentina que puede forzar a los instrumentos hacia la furca.

Los instrumentos K3XF produjeron unos valores menores de transporte coronal. Sin embargo, los resultados sólo tuvieron una significación estadística cuando se realizó un ensanchamiento apical con un instrumento de 40.04 en la visión mesiodistal ($P < .05$). Como los instrumentos utilizados en el estudio son geoméricamente idénticos, las diferencias pueden deberse al nuevo tratamiento térmico empleado, la tecnología de fase-R. Esta tecnología incrementa la flexibilidad del instrumento (1). La flexibilidad del instrumento ha demostrado que tiene una influencia determinante en la conformación de los conductos (107). Un instrumento más flexible puede ser capaz de preparar el tercio apical del conducto soportando mejor la tendencia del instrumento a recuperar su posición lineal inicial.

Los resultados de este estudio mostraron que los instrumentos K3 removieron una mayor cantidad de dentina en dirección al área de peligro que la instrumentación con K3XF. La diferencia puede ser explicada por los resultados del estudio anterior, donde las preparaciones con K3 resultaban estadísticamente más rápidas que con K3XF sin diferencias en transporte apical. Estos resultados son consistentes con los de Bergmans y cols. (74). Bajo las condiciones de su estudio, los instrumentos K3 tendieron a remover una mayor cantidad de dentina en el tercio coronal ($0.48 \text{ mm}^3 \pm 0.12$) con una mínima desviación apical ($4.14 \mu\text{m} \pm 6.40$). Además, el ensanchamiento apical hasta un instrumento 40.04 redujo significativamente una mayor cantidad de dentina hacia el área de peligro con ambos sistemas ($P < .05$). Las diferencias en cuanto a la flexibilidad del instrumento (1) pueden explicar tanto la mayor reducción del grosor de dentina con preparaciones de conductos severamente curvos con instrumentos K3 como un ensanchamiento apical mayor con instrumentos con una menor flexibilidad como el 40.04 comparado con el resto.

Bajo las condiciones de este modelo de estudio con dientes extraídos, los resultados demuestran la habilidad de ambos sistemas de permanecer centrados en el conducto con un riesgo mínimo de transporte coronal. Sin embargo, los instrumentos fabricados en fase-R, los K3XF, conformaron preparaciones más seguras hacia el área de peligro en conductos de molares mandibulares severamente curvos. Las ventajas clínicas del nuevo proceso de fabricación, la tecnología Fase-R deberían permitir la preparación de conductos curvos con un reducido riesgo de producir errores iatrogénicos.

7.2.4 Deterioro de los instrumentos

Ambos sistemas han demostrado similares características fractográficas de fractura por fatiga cíclica y torsional (4). Durante el presente estudio no se produjo ninguna fractura. Esto es debido probablemente al número reducido de usos a los que fueron sometieron los instrumentos. En concordancia con un estudio de Ha y cols. (4), aunque tampoco era el objetivo del mismo, se observó que las K3XF mostraban múltiples microporos de diferente tamaño a lo largo del la estría del instrumento. Estos poros, según los autores, parece que limitan la propagación de una posible grieta o línea de fractura. Mediante este mecanismo hipotético se reduce la rigidez del instrumento aumentando su flexibilidad (4). En las superficies de trabajo cerca del área de fractura los microporos presentaban una forma elíptica, debido a la deformación del instrumento. Un hecho que se observó también en este estudio cerca de los tramos de desespiración.

Se descartaron los instrumentos tras la preparación de los dos conductos mesiales. Aunque si se inspeccionaron visualmente tras el primer uso, sin observarse ningún signo de deformación aparente en ningún instrumento. Estos resultados con cuerdan con los observados por Shen y cols. (70) quienes observaron que solamente el 0.5% de los instrumentos producían fallos tras el primer uso.

Sólo se produjeron defectos en instrumentos con una conicidad del 4% y de calibres inferiores a 35. Estos resultados coinciden con los descritos por Shen y cols. (70). Según los autores, bajo el mismo torque, un instrumento menor es más susceptible de sufrir un fallo torsional que un instrumento mayor. Un glide path con limas manuales previo a la instrumentación rotatoria reduce el enclavamiento del instrumento dentro del conducto, reduciendo el riesgo de fractura (108, 109). En este estudio se realizó un glide path hasta 20 y el primer instrumento rotatorio que alcanzó la longitud de trabajo fue el 25/04, lo que podría explicar que fuera el instrumento que sufriera un mayor porcentaje de signos de deformación.

Según los resultados de un estudio numero 1, una preparación con el sistema K3XF requiere significativamente más tiempo comparado con el sistema K3. Esto puede ser debido a la mayor rigidez de los instrumentos K3, que eliminan una mayor cantidad de

tejido en el tercio coronal. Esto podría explicar la falta de diferencias significativas entre ambos sistemas en cuanto al deterioro de los instrumentos. Las limas K3XF han demostrado en diversos estudios que poseen una resistencia a la fatiga cíclica significativamente superior a las limas K3 (1-5). Sin embargo al requerir de más tiempo de preparación, a pesar de la mayor flexibilidad del instrumento y resistencia a la fatiga cíclica, aumenta el número de ciclos que el instrumento está dentro del conducto, aumentando el riesgo de deterioro del mismo.

Herold y cols. (110) encontraron un 25% de signos de deformación tras la instrumentación de molares *in vitro* con ProFile y Endosequence. Sin embargo, se instrumentaron 14 conductos por secuencia de instrumentos y no se reporta en que número de uso se produjeron las deformaciones. En este estudio también se observaron signos de deformación evidente al segundo uso, lo que nos lleva a plantearnos si realmente es segura la utilización de los mismos instrumentos para la preparación de más conductos tras la preparación de dos conductos con un ángulo de curvatura severo.

Basándonos en los resultados obtenidos podemos afirmar que ambos sistemas prepararon dos conductos curvos de manera eficiente y segura sin diferencias significativas entre sistemas.

W E K K O I S H H O N O R S . 8

1. Un progresivo aumento del ensanchamiento apical hasta un calibre de 40 con el sistema rotatorio de níquel titanio K3[®] en raíces mesiales de molares mandibulares puede realizarse de manera segura sin un transporte apical clínicamente relevante.
2. Un progresivo aumento del ensanchamiento apical hasta un calibre de 40 con el sistema rotatorio de níquel titanio K3XF[®] en raíces mesiales de molares mandibulares puede realizarse de manera segura sin un transporte apical clínicamente relevante.
3. Un ensanchamiento apical hasta un calibre de 40 con el sistema rotatorio de níquel titanio K3[®] ha demostrado una capacidad de permanecer centrado en conductos mesiales de molares mandibulares con un mínimo riesgo de transporte con remoción de dentina mayor hacia el área de peligro.
4. Un ensanchamiento apical hasta un calibre de 40 con el sistema rotatorio de níquel titanio K3XF[®] ha demostrado una capacidad de permanecer centrado en conductos mesiales de molares mandibulares con un mínimo riesgo de transporte y una remoción de dentina menor hacia el área de peligro.
5. Tras un progresivo aumento del ensanchamiento apical hasta un calibre de 40 con el sistema rotatorio de níquel titanio K3[®] en raíces mesiales de molares mandibulares los instrumentos no mostraron signos de deterioro importantes.
6. Tras un progresivo aumento del ensanchamiento apical hasta un calibre de 40 con el sistema rotatorio de níquel titanio K3XF[®] en raíces mesiales de molares mandibulares los instrumentos no mostraron signos de deterioro importantes.
7. No existen diferencias estadísticamente significativas entre el primer y segundo uso con los sistemas K3[®] y K3XF[®] en todas las variables evaluadas.
8. La preparación de conductos mesiales de molares mandibulares es significativamente más rápida comparada con el sistema K3XF[®].

3.
P
P
S
P
P
O
T
X
A
S

Son necesarios más estudios para evaluar la seguridad de los diferentes sistemas de instrumentación que se van introduciendo en el mercado en el área de peligro de molares mandibulares.

Las muestras de nuestro estudio eran raíces mesiales de molares mandibulares con conductos de una curvatura severa, puesto que el ensanchamiento apical hasta calibres grandes ha demostrado una reducción en la carga bacteriana y acceso de los irrigantes al tercio apical, creemos que sería importante evaluar que cambios se producen en la estructura de la dentina resultantes de éste ensanchamiento, como los cracs de dentina, tanto en conductos curvos, como rectos y estrechos.

Determinar según la configuración de la anatomía radicular con que sistemas o secuencias es seguro realizar una conformación de conductos para no producir riesgos de “stripping” o debilitamiento excesivo según el grosor de dentina.

También sería interesante evaluar el efecto de las sustancias quelantes sobre la medición de los resultados de ratio de centrado en los cortes transversales del CBCT.

18: REFINEMENTS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gambarini G, Plotino G, Grande NM, et al. Mechanical properties of nickel-titanium rotary instruments produced with a new manufacturing technique. *Int Endod J* 2011;44:337–41.
2. Yao JH, Schwartz SA, Beeson TJ. Cyclic fatigue of three types of rotary nickel-titanium files in a dynamic model. *J Endod* 2006;32:55–7.
3. Perez-Higueras JJ, Arias A, de la Macorra JC. Cyclic fatigue resistance of K3, K3XF, and twisted file nickel-titanium files under continuous rotation or reciprocating motion. *J Endod* 2013;39:1585–8.
4. Ha JH, Kim SK, Cohenca N and Kim HC. Effect of R-phase Heat Treatment on Torsional Resistance and Cyclic Fatigue Fracture. *J Endod* 2013;39:389-93.
5. Lopes HP, Gambarra-Soares T, Elias CN, Siqueira JF Jr, Inojosa IF, Lopes WS, Vieira VT. Comparison of the mechanical properties of rotary instruments made of conventional nickel-titanium wire, M-wire, or nickel-titanium alloy in R-phase. *J Endod* 2013;39:516-20.
6. Baugh, D. and J. Wallace, The role of apical instrumentation in root canal treatment: a review of the literature. *J Endod* 2005;31(5):333-40.
7. Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod* 1988;14:346–51.
8. Schafer E, Schulz-Bongert U, Tulus G. Comparison of hand stainless steel and nickel titanium rotary instrumentation: a clinical study. *J Endod* 2004;30:432–5.
9. Hülsmann M, Peters OA, Dummer PMH. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endod Topics* 2005;10:30-76.
10. Plotino, Constanzo, Grande. Experimental evaluation on the influence of autoclave sterilization on the Cyclic fatigue of new Nickel-Titanium rotary instruments. *J Endod* 2012 38(2) 222-225.
11. Yahata Y, Yoneyama T, Hayashi Y, et al. Effect of heat treatment on transformation temperatures and bending properties of nickel-titanium endodontic instruments. *Int Endod J* 2009;42:621–6.
12. Larsen CM, Watanabe I, Glickman GN, He J. Cyclic fatigue analysis of a new generation of nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2009;35:401–3.
13. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am* 1974: 18:

- 269–296.
14. Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. *Int Endod J* 1998;31:384–93.
 15. Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *Int Endod J* 1998;31:394–409.
 16. Dummer PMH, McGinn JH, Rees DG. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *Int Endod J* 1984;17:192–8.
 17. Kuttler Y. Microscopic investigation of root apices. *J Am Dent Assoc* 1955;50:544–52.
 18. Wu MK, R'oris A, Barkis D, Wesselink P. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radio Endod* 2000;89:739–43.
 19. Mauger M, Schindler W, Walker W. An evaluation of canal morphology at different levels of root resection in Mandibular incisors. *J Endod* 1998;24:607–9.
 20. Sjögren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod* 1990;16:498–04.
 21. Siqueira J, Lima K, Magalhaes F, Lopes H, de Uzeda M. Mechanical reduction of the bacterial population in the root canal by three instrumentation techniques. *J Endod* 1999;25:332–5.
 22. Salzgeber RM, Brilliant JD. An in vivo evaluation of the penetration of an irrigating solution in root canals. *J Endod* 1977;3:394–8.
 23. Ram Z. Effectiveness of root canal irrigation. *Oral Surg* 1977;44:306–12.
 24. Chow T. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod* 1983;9:475–9.
 25. Shuping G, Orstavik D, Sigurdsson A, Trope M. Reduction of intracanal bacteria using nickel-titanium rotary instrumentation and various medications. *J Endod* 2000;26:751–5.
 26. Bower RC. Furcation morphology relative to periodontal treatment (furcation root surface anatomy). *J Periodontol* 1979;50:366–74.
 27. Abou-Rass M, Frank AL, Glick DH. The anticurvature filing method to prepare the curved root canal. *J Am Dent Assoc* 1980;101:792–4.
 28. Goerig AC, Michelich RJ, Schultz HH. Instrumentation of root canals in molar using the step-down technique. *Int Endod J* 1982;8:550–4.
 29. Kessler JR, Peters DD, Lorton L. Comparison of the relative risk of molar root perforation using various endodontic instrumentation techniques. *J Endod* 1983; 9:

- 439 -77.
30. Garcia Filho PF, Letra P, Menezes R, Rezende do Carmo AM. Danger zone in mandibular molars before instrumentation: An in vitro study. *J Appl Oral Sci* 2003; 11(4): 324-6
 31. Berutti L, Feldon G. Thickness of cementum/dentin in mesial root of mandibular first molars. *J Endod* 1992;18: 545 -8.
 32. Lira SS, Stock CJR. The risk of perforation in the curved canal: anti-curvature filing compared with stepback technique. *Int Endod J* 1987;20:33-9.
 33. Weine F, Kelly R, Bray K. Effect of preparation with endodontic handpieces on original canal shape. *J Endod* 1976: 2: 298–203.
 34. Glickman GN, Dumsha TC. Problems in canal cleaning and shaping. In: Gutmann JL, Dumsha TC, Lovdahl PE, Hovland EJ, eds. *Problem Solving in Endodontics*, 3rd edn. St Louis, MO: Mosby, 1997: 91–122.
 35. American Association of Endodontists. *Glossary of Endodontic Terms*, 7th ed. Chicago: AAE, 2003.
 36. Greene KJ, Krell KV. Clinical factors associated with ledged canals in maxillary and mandibular molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1990: 70: 490–497.
 37. Kapalas A, Lambrianidis T. Factors associated with root canal ledging during instrumentation. *Endod Dent Traumatol* 2000: 16: 229–231.
 38. Pettiette MT, Delano EO, Trope M. Evaluation of success rate of endodontic treatment performed by students with stainless-steel K-files and nickel-titanium hand files. *J Endod* 2001;27:124-7.
 39. Eldeeb ME, Boraas JC. The effect of different files on the preparation of severely curved canals. *Int Endod J* 1985: 18: 1–7.
 40. Peters OA. Current Challenges and Concepts in the Preparation of Root Canal Systems: A Review. *J Endod* 2004;30(8):559-67.
 41. 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;36:904–7.
 42. Short JA, Morgan LA, Baumgartner JC. A comparison of canal centering ability of four instrumentation techniques. *J Endod* 1997;23:503–7.
 43. Sjögren, U., et al., Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J* 1997;30(5):297-306.

44. Peters, O.A. K. Schonenberger, and A. Laib, Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J* 2001;34(3):221-30.
45. Hubscher, W., F. Barbakow, and O.A. Peters, Root-canal preparation with FlexMaster: canal shapes analysed by micro-computed tomography. *Int Endod J* 2003;36(11):740-7.
46. Jung IY, Seo MA, Fouad AF, Spångberg LSW, Lee SJ, Kim HJ, Kum KY. Apical Anatomy in Mesial and Mesiobuccal Roots of Permanent First Molars. *J Endod* 2005;31(5):364-368.
47. Siqueira, J.F, Jr., et al., Histological evaluation of the effectiveness of five instrumentation techniques for cleaning the apical third of root canals. *J Endod* 1997;23(8):499-502.
48. Khademi, A., M. Yazdizadeh, and M. Feizianfard, Determination of the minimum instrumentation size for penetration of irrigants to the apical third of root canal systems. *J Endod* 2006;32(5):417-20.
49. Buchanan LS. The standardized-taper root canal preparation: part 3. GT file technique in large root canals with small apical diameters. *Int Endod J* 2001;34:149–56.
50. Buchanan LS. The standardized-taper root canal preparation: part 1. Concepts for variably tapered shaping instruments. *Int Endod J* 2000;33:516 –29.
51. Yared GM, Dagher FE. Influence of apical enlargement on bacterial infection during treatment of apical periodontitis. *J Endod* 1994;20:535–7.
52. Assif D, Gorfil C. Biomechanical considerations in restoring endodontically treated teeth. *J of Prosth Den* 1994;71:565–7.
53. Lim SS, Stock CJ. The risk of perforation in the curved canal: anticurvature filing compared with the stepback technique. *Int Endod J* 1987;20:33–9.
54. Gambill JM, Alder M, del Rio CE. Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *J Endod* 1996;22:369-75.
55. Ounsi HF, Franciosi G, Paragliola R, et al. Comparison of two techniques for assessing the shaping efficacy of repeatedly used nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2011;37:847–50.
56. Capar ID, Ertas H, Ok E, Arslan H, Ertas ET. Comparative Study of Different Novel Nickel-Titanium Rotary Systems for Root Canal Preparation in Severely

- Curved Root Canals. *J Endod* 2014;40:852-56.
57. Wei X, Ling J, Jiang J, Huang X, Liu L. Modes of failure of ProTaper nickel-titanium rotary instruments after clinical use. *J Endod* 2007;33:276-9.
 58. Yao JH, Schwartz SA, Beeson TJ. Cyclic fatigue of three types of rotary nickel-titanium files in a dynamic model. *J Endod* 2006;32:55-7.
 59. Bird DC, Chambers D, Peters OA. Usage parameters of nickel-titanium rotary instruments: a survey of endodontists in the United States. *J Endod* 2009;35:1193-7.
 60. Shen Y, Haapasalo M, Cheung GS, Peng B. Defects in nickel-titanium instruments after clinical use. Part 1: relationship between observed imperfections and factors leading to such defects in a cohort study. *J Endod* 2009;35:129-32.
 61. Peters OA, Peters CI, Schönenberger K, Barbakow F. ProTaper rotary root canal preparation: assessment of torque and force in relation to canal anatomy. *Int Endod J* 2003;36:93-9.
 62. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod* 1997; 23: 77-85.
 63. Zuolo ML, Walton RE. Instrument deterioration with usage: Nickel-titanium versus stainless steel. *Quintessence Int* 1995; 28: 397-402.
 64. Sattapan B, Palamara JE, Messer HH. Torque during canal instrumentation using rotary nickel titanium files. *J Endod* 200;26:156-60.
 65. Sotokawa T. An analysis of clinical breakage of root canal instruments. *J Endod* 1988;14:75-82.
 66. Bonetti Filho I, Miranda Esberard R, de Toledo Leonardo R, del Rio CE. Microscopic evaluation of 3 endodontic files pre- and post instrumentation. *J Endod* 1988;24:461-64.
 67. Chakka NV, Ratnakar P, Das S, Bagchi A, Sudhir S, Anumula L. Do NiTi instruments show defects before separation? Defects caused by torsional fatigue in hand and rotary NiTi instruments which lead to failure during clinical use. *J Contemp Dent Pract* 2012;13(6):867-72.
 68. Parashos P, Messer HH. Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. *J Endod* 2006;32:1031-43.
 69. Pirani C, Cirulli PP, Chersoni S, Micele L, Ruggeri O, Prati C. Cyclic fatigue testing and metallographic analysis of nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2011 ;37:1013-6.

70. Shen Y, Cheung GS, Peng B, Haapasalo M. Defects in nickel-titanium instruments after clinical use. Part 2: fractographic analysis of fractured surface in a cohort study. *J Endod* 2009;35:113–16.
71. Di Fiore PM, Genov KA, Komaroff E, Li Y, Lin L. Nickel-titanium rotary instrument fracture: a clinical practice assessment. *Int Endod J* 2006;39:700–8.
72. Plotino G, Grande NM, Cordaro M, Testarelli L, Gambarini G. A review of cyclic fatigue testing of nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2009;35:1469-76.
73. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Beullens M, Wevers M, Van Meerbeek B, Lambrechts P. Progressive versus constant tapered shaft design using NiTi rotary instruments. *Int Endod J* 2003;36:288-95.
74. McSpadden JT. *Mastering Endodontic Instrumentation*. Chattanooga, TN: Cloudland Institute; 2007.
75. Isom TL, Marshall JG, Baumgartner JC. Evaluation of root thickness in curved canals after flaring *J Endod* 1995;21(7);368-371
76. Muñoz E, Forner L, Llena C. Influence of operator's experience on root canal shaping ability with a rotary nickel-titanium single-file reciprocating motion system. *J Endod* 2014;40:547–50.
77. Sonntag D, Ott M, Kook K, Stachniss V. Root canal preparation with the NiTi systems K3, Mtwo and ProTaper. *Aust Endod J* 2007;33:73-81.
78. Schäfer 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;37:229-38.
79. Eldeeb ME, Boraas JC. The effect of different files on the preparation of severely curved canals. *Int Endod J* 1985;18:1–7.
80. Lim KC, Webber J. The validity of simulated canal preparation on the shape of the curved root canal. *Int Endod J* 1985;18:240–46.
81. 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;30:133–40.
82. Vanni JR, Santos R, Limongi O, Guerisoli DMZ, Capelli A, Pecora JD. Influence of cervical preflaring on determination of apical file size in maxillary molars: SEM analysis. *Braz Dent J* 2005;16:181–6.
83. Sanfelice CM, da Costa FB, Reis Só MV, Vier-Pelisser F, Souza Bier CA, Grecca FS. Effects of four instruments on coronal pre-enlargement by using cone beam

- computed tomography. *J Endod* 2010;36:858–61.
84. Silvaggio J and Hicks ML. Effect of heat sterilization on the torsional properties of rotary nickel-titanium endodontic files. *J Endod* 1997;23(12):731-4.
 85. Hilt BR, Cunningham CJ, Shen C, Richards N. Torsional properties of stainless-steel and nickel–titanium files after multiple autoclave sterilizations. *J Endod* 2000;26:76–80.
 86. Canalda-Sahli C, Brau-Aguade´ E, Sentís-Vilalta J. The effect of sterilization on bending and torsional properties of K-files manufactured with different metallic alloys. *International Endodontic Journal* 1998;31:48–52.
 87. Melo MCC, Bahia MGA, Buono VTL. Fatigue resistance of engine-driven rotary nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod* 2002;28:765–9.
 88. Plotino G, Costanzo A, Grande NM, Petrovic R, Testarelli L, Gambarini G. Experimental Evaluation on the Influence of Autoclave Sterilization on the Cyclic Fatigue of New NiTi Rotary Instruments. *J Endod*. 2012;38(2):222-5.
 89. Tay FR, Gu LS, Schoeffel GJ, et al. Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. *J Endod* 2010;36:745–50.
 90. Versümer J, Hülsmann M, Schäfers F. A comparative study of root canal preparation using ProFile .04 and Lightspeed rotary NiTi instruments. *Int Endod J* 2002;35: 37–46.
 91. Hülsmann M, Herbst U, Sch€afers F. A comparative study of root canal preparation using Lightspeed and Quantec SC rotary Ni–Ti instruments. *Int Endod J* 2003;36: 748–56.
 92. Schäfer E1, Schlingemann R. Efficiency of rotary nickel-titanium K3 instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J*. 2003;36(3):208-17.
 93. Durán-Sindreu F, García M, Olivieri JG, et al. A comparison of apical transportation between FlexMaster and Twisted Files rotary instruments. *J Endod* 2012;38:993–5.
 94. Iqbal MK, Maggiore F, Suh B, Edwards KR, Kang J, Kim S. Comparison of apical transportation in four Ni-Ti rotary instrumentation techniques. *J Endod* 2003;29:587-91.
 95. Setzer FC, Kwon TK, Karabucak B. Comparison of apical transportation between

- two rotary file systems and two hybrid rotary instrumentation sequences. *J Endod* 2010;36:1226-9.
96. López FU, Fachin EV, Camargo Fontanella VR, Barletta FB, Só MV, Grecca FS. Apical transportation: a comparative evaluation of three root canal instrumentation techniques with three different apical diameters. *J Endod*. 2008;34:1545-8.
 97. Cunningham CJ, Senia ES. A three-dimensional study of canal curvatures in the mesial roots of mandibular molars. *J Endodon* 1992;18:294–300.
 98. García M, Durán-Sindreu F, Mercadé M, et al. A comparison of apical transportation between ProFile and RaCe rotary instruments. *J Endod* 2012;38:990–2.
 99. 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;37: 359–64.
 100. Karabucak B, Gatan AJ, Hsiao C, Iqbal MK. A comparison of apical transportation and length control between EndoSequence and Guidance rotary instruments. *J Endod* 2010;36:123–5.
 101. Bramante M, Berbert A, Borges RP. Methodology for evaluation of root canal instrumentation. *J Endod* 1987;13:243–5.
 102. Roig-Cayón M, Basilio-Monné J, Abós-Herrándiz R, Brau-Aguadé E, Canalda-Sahli C. A comparison of molar root canal preparations using six instruments and instrumentation techniques. *J Endod* 1997;23:383-6.
 103. Zhao D, Shen Y, Peng B, Haapasalo M. Micro-Computed Tomography Evaluation of the Preparation of Mesio Buccal Root Canals in Maxillary First Molars with Hyflex CM, Twisted Files, and K3 Instruments. *J Endod* 2013;39:385-8.
 104. Pasternak-Júnior B, Sousa-Neto MD, Silva RG. Canal transportation and centring ability of RaCe rotary instruments. *Int Endod J* 2009;42:499-506.
 105. Liu R, Kaiwar A, Shemesh H, et al. Incidence of apical root cracks and apical dentinal detachments after canal preparation with hand and rotary files at different instrumentation lengths. *J Endod* 2013;39:129–32.
 106. Shen Y, Zhou HM, Zheng YF, et al. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. *J Endod* 2013;39:163-72.
 107. Moore J, Fitz-Walter P, Parashos P. A micro-computed tomographic evaluation of apical root canal preparation using three instrumentation techniques. *Int Endod J*

- 2009;42:1057–64.
- 108.** Blum JY, Machtou P, Ruddle CJ, Micallef JP. The analysis of mechanical preparations in extracted teeth using protaper rotary instruments: value of the safety quotient. *J Endod* 2003;29:567-575.
- 109.** Berutti E, Negro AR, Lendini M, Pasqualini D. Influence of manual preflaring and torque on the failure rate of Protaper instruments. *J Endod* 2004;30:228-30.
- 110.** Herold KS, Johnson BR, Wenckus CS. A scanning electron microscopy evaluation of microfractures, deformation and separation in EndoSequence and Profile nickel-titanium rotary files using an extracted molar tooth model. *J Endod* 2007;36(6):712-4.



I. Carta de aprobació del projecte de tesi



Sr. Juan Gonzalo Olivieri Fernández

Benvolgut Sr.

Per la present, li comunico que la Comissió Acadèmica del Doctorat en odontologia, en la seva sessió del **20 de juliol del 2012**, i un cop estudiada la seva sol·licitud ha acordat:

S'acorda admetre al Sr. Juan Gonzalo Olivieri Fernández al Període de Recerca del Doctorat en Odontologia.

S'acorda aprovar el Projecte de Tesi titulat "Comparación de los sistemas de instrumentación K3® y K3 XF® " i nomenar el Dr. Fernando S. Durán-Sindreu com a Director de la Tesi.

Adicionalment, 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'avinentsa per saludar-la cordialment,

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

Sant Cugat del Vallès, 20 de juliol del 2012



II. Carta de aprobació del CER



CARTA APROVACIÓ PROJECTE PEL CER

Codi de l'estudi: END-ELM-2012-05
 Versió del protocol: 1.0
 Data de la versió: 11/10/12
 Títol: "Comparación de los sistemas de instrumentación K3® y K3 XF®"

Sant Cugat del Vallès, 31 d'octubre de 2012

Investigador: Juan Gonzalo Olivieri Fernández

Títol de l'estudi: "Comparación de los sistemas de instrumentación K3® y K3 XF®"

Benvolgut(da),

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

RESULT 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

IV – Carta de aceptación correspondiente al estudio 2 aceptado en el “*Journal of Clinical and Experimental Dentistry*”

JCED_Ref.52523_Date. 2015-08-22_Accept

jced.es <jced@jced.es>
Para: jgolivieri@gmail.com

22 de agosto de 2015, 12:43

Journal of Clinical and Experimental Dentistry (J Clin Exp Dent) - ISSN 1989-5488 Indexed in PUBMED ,
Pubmed Central of the US National Library of Medicine, and SCOPUS.

2015-08-22

Reference: 52523

Title: Danger Zone analysis using Cone Beam Computed Tomography after Apical Enlargement with K3 and K3XF
in a Manikin Model.

Dr. JUAN GONZALO OLIVIERI
Email: jgolivieri@gmail.com
Password: wsoery3h
www.jced.es

Dear Dr,

Thank you for submitting your article for our consideration.

Your above referenced article with the following authors: Juan Gonzalo Olivieri, Marc García Font, Jose Antonio Gonzalez Sanchez, Miguel Roig Cayon, Fernando Durán-Sindreu , has been evaluated by the reviewers. We are happy to inform you that they have recommended accepting the manuscript for publication in the Journal of Clinical and Experimental Dentistry.

We follow acceptance by date-order to establish the final publication of a manuscript.

Please complete the Copyright Transfer Agreement form available at <http://www.medicinaoral.com/copyjced.htm>
and the CONFLICT OF INTEREST requirement available at http://www.medicinaoral.com/conflict_jced.htm
They should be submitted to the Production Editor (email: secretary4@jced.es). Please note that your paper
cannot be published until we have received your signed Copyright Transfer Agreement and the conflict of interest.

We will publish the article according to the reviewers exact recommendations. We will only make minor changes,
for example, any spelling mistakes, e.t.c.

We very much appreciate your interest in our publication. Yours sincerely.

Professor Jose V. Bagan
Editor - *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*

V – Mediciones de ángulo, radio de curvatura y sistema utilizado

PRE-INSTRUMENTACIÓN

	Conducto	Ángulo (grados)	Radio (mm)	Sistema
DIENTE 1	MV	26	6,24	K3XF
	ML	20	5,29	K3
DIENTE 2	MV	20	7,99	K3
	ML	22	6,15	K3XF
DIENTE 3	MV	38	5,67	K3
	ML	40	5,47	K3XF
DIENTE 4	MV	26	3,74	K3
	ML	21	5,61	K3XF
DIENTE 5	MV	20	6,71	K3XF
	ML	34	3,37	K3
DIENTE 6	MV	25	3,46	K3
	ML	26	4,76	K3XF
DIENTE 7	MV	35	4,37	K3
	ML	29	5,44	K3XF
DIENTE 8	MV	21	7,97	K3XF
	ML	21	7,1	K3
DIENTE 9	MV	25	7,52	K3XF
	ML	20	7,51	K3
DIENTE 10	MV	40	3,71	K3XF
	ML	46	4,84	K3
DIENTE 11	MV	26	5,46	K3
	ML	22	6,46	K3XF
DIENTE 12	MV	27	4,18	K3
	ML	28	4,77	K3XF
DIENTE 13	MV	34	4,07	K3XF
	ML	21	4,33	K3
DIENTE 14	MV	30	4,04	K3
	ML	40	5,7	K3XF
DIENTE 15	MV	28	4,61	K3
	ML	31	4,73	K3XF
DIENTE 16	MV	40	5,4	K3XF
	ML	32	6,1	K3
DIENTE 17	MV	36	5,45	K3XF
	ML	32	5,69	K3
DIENTE 18	MV	42	3,02	K3XF
	ML	40	4,51	K3
DIENTE 19	MV	40	4,5	K3XF
	ML	40	4,79	K3
DIENTE 20	MV	35	3,2	K3
	ML	35	5,51	K3XF

DIENTE 21	MV	35	4,87	K3XF
	ML	26	5,66	K3
DIENTE 22	MV	31	4,7	K3
	ML	20	3,98	K3XF
DIENTE 23	MV	24	3,96	K3XF
	ML	22	3,87	K3
DIENTE 24	MV	20	4,65	K3
	ML	22	4,11	K3XF
DIENTE 25	MV	31	4,3	K3
	ML	34	4,66	K3XF
DIENTE 26	MV	28	4,64	K3XF
	ML	27	5,15	K3
DIENTE 27	MV	36	4,16	K3XF
	ML	35	3,91	K3
DIENTE 28	MV	26	4,41	K3XF
	ML	28	5,41	K3
DIENTE 29	MV	36	6,4	K3XF
	ML	31	5,85	K3
DIENTE 30	MV	34	4,32	K3XF
	ML	35	3,65	K3
DIENTE 31	MV	28	5,47	K3
	ML	20	4,9	K3XF
DIENTE 32	MV	37	4,09	K3
	ML	39	5,01	K3XF
DIENTE 33	MV	30	4,74	K3XF
	ML	27	4,01	K3
DIENTE 34	MV	38	4,07	K3
	ML	40	5,37	K3XF
DIENTE 35	MV	29	2,3	K3
	ML	34	4,93	K3XF
DIENTE 36	MV	36	7,1	K3XF
	ML	30	6,46	K3
DIENTE 37	MV	29	5,76	K3
	ML	29	6,5	K3XF
DIENTE 38	MV	32	4,85	K3
	ML	31	5,2	K3XF
DIENTE 39	MV	35	5,01	K3XF
	ML	35	7,62	K3
DIENTE 40	MV	30	5,6	K3XF
	ML	27	6,4	K3

	0	0,0542	0,0653	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
		0,0781	0,0982	0,1212		0,0472	0,0374	0,1234
	0	0	0		0	0	0	0
		0,0616	0,0497	0,1113		0,0457	0,0337	0,1173
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
		0,0544	0	0,1133		0,0365	0	0,1136
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,0212	0	0	0	0	0	0	0
35XF 2uso	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,034	0,03	0	0	0	0	0	0
		0	0	0,1057		0,0139	0,0181	0,1062
	0,0541	0,0576	0,0633	0	0,0421	0,0511	0,0602	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0,0926	0,0575	0,0463	0
	0,031	0,0357	0,0456	0	0,0519	0,0726	0,0876	0
		0	0	0,0575		0	0	0,0581
	0,0509	0,048	0,0445	0	0,0285	0,024	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
		0,042	0,034	0,113		0,045	0,042	0,1161
		0,0197	0,0234	0,0894		0,0153	0,0178	0,0901
	0	0	0	0	0	0	0	0
		0,022	0	0,1918		0	0	0,1921
		0	0	0,0754		0	0	0,0754
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0,0531	0,0482	0,0432	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
40XF 1uso	0,0369	0,0644	0,0668	0	0,019	0,0369	0,0608	0
	0,0424	0,0625	0,0722	0	0,0462	0	0	0
		0,0311	0,0402	0,0931		0	0	0,0954
		0,0326	0,0393	0,167		0	0	0,1681
		0	0	0,124		0,0406	0,0375	0,1244
	0	0	0	0	0	0	0	0
		0,0846	0,0665	0,113		0	0	0,1098
		0,0956	0,0988	0,0391		0	0	0,0413
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
		0,0792	0,0885	0,1313		0,042	0,0452	0,1332
	0,0267	0,0333	0,0453	0	0,032	0,041	0,042	0
		0,071	0,053	0,2082		0,053	0,0457	0,2104

	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0,0488		0	0	0,0495
		0,0594	0,0415	0,0783		0	0	0,0802
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
35K3								
1uso	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0,1057		0,0139	0,0181	0,1062
	0,0348	0,0296	0	0	0,0532	0,0435	0,0329	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,0513	0,0712	0,0784	0	0	0	0	0
		0,0242	0,0218	0,0432		0,0517	0,0471	0,0446
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
		0,0882	0,0871	0,133		0,0398	0,0341	0,137
	0	0	0	0	0	0	0	0
		0,0457	0,0337	0,1014		0,0478	0,0369	0,1019
	0	0,093	0,091	0,215		0,053	0,046	0,213
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,0586	0,0437	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0,0727		0	0	0,0731
	0	0	0	0	0	0	0	0
35K3								
2uso	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
		0,0192	0,0384	0,0912		0	0	0,0934
		0,0248	0,0336	0,0902		0	0	0,0917
	0	0	0	0	0,0169	0,0329	0,0345	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,0665	0,038	0	0	0	0	0	0
	0,0553	0,0385	0,0309	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0

		0	0	0,0972		0,023	0,031	0,098
	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0,0643		0	0	0,0651
		0,0751	0	0,1662		0	0	0,1671
	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0,1752		0	0	0,1749
	0,0717	0,0478	0,0339	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0,0334	0,0453	0,0512	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
40K3 1uso	0	0	0	0	0,0261	0,0405	0,0501	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,0687	0,0691	0,0652	0	0,0342	0,0437	0,0322	0
		0,0643	0,0721	0,0342		0	0	0,0351
	0,0435	0,0522	0,0573	0	0,0687	0,09	0,0552	0
		0	0	0,1003		0,0141	0,0154	0,1012
	0,0554	0,0717	0,0797	0	0,0614	0,0478	0,0422	0
		0,0282	0,0324	0,0459		0,0577	0,0498	0,0467
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
		0,065	0,078	0,182		0,0365	0,0137	0,1825
	0,0267	0	0	0	0,032	0,041	0,042	0
		0,051	0,061	0,207		0,0677	0,0564	0,2102
		0,096	0,076	0,264		0,058	0,051	0,256
	0,0645	0,065	0,0677	0	0	0	0	0
	0,067	0,0702	0,0532	0	0	0	0	0
		0,0234	0	0,0527		0	0	0,052
	0	0	0	0	0,0408	0	0	0
		0	0	0,123		0,0437	0,0468	0,1233
	0,0528	0,0432	0,0411	0	0	0	0	0
40K3 2uso	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0,0358	0	0	0
		0	0	0,1224		0,0237	0,0192	0,1229
		0	0	0,0801		0,0527	0,0611	0,0809
		0,0693	0,0688	0,0246		0,0145	0,0267	0,0253
	0	0	0	0	0,0293	0,0264	0,0176	0
		0,0871	0,0987	0,0941		0,03	0,0342	0,0954
		0,045	0	0,0938		0	0	0,0951
	0,0552	0,0485	0,0349	0	0,0948	0,0655	0	0
	0	0	0	0	0,0811	0,0716	0,0881	0
		0,031	0,021	0,1413		0,0398	0,042	0,142
	0,0267	0,0333	0,0453	0	0	0	0	0
		0,0523	0,0653	0,0912		0	0	0,092
		0,0772	0,0682	0,1758		0	0	0,1763
	0	0	0	0	0	0	0	0
		0,0531	0	0,1772		0,0387	0	0,1775

		0,0454	0,0332	0,0982		0,0685	0,0534	0,0976
	0	0	0	0	0,0412	0,0352	0,0336	0
	0,0694	0,0632	0,0578	0	0,0653	0,0567	0,0523	0
	0	0	0	0	0	0	0	0

VII – Mediciones del tiempo de instrumentación en segundos.

	XF	K3	XF	K3	XF	K3
1	69	70	1 uso	1 uso	2 uso	2 uso
2	62	71	69	70	62	71
3	69	58	69	58	66	43
4	66	43	36	28	35	23
5	36	28	34,5	27	45	33
6	35	23	53,5	24	25	13,5
7	34,5	27	50	24	27	20
8	45	33	45,5	31,5	40	28
9	53,5	24	64	26	69	46
10	50	24	33	22	70	38,5
11	25	13,5	53	38	53	15
12	27	20	37	31	42	22
13	45,5	31,5	53	29	42,5	30
14	64	26	62,5	49	25,5	54
15	40	28	33	17	29,5	48
16	69	46	18,5	15,5	20	13,5
17	70	38,5	38,5	25,5	18,5	14,5
18	33	22	9,2	9,4	16,5	16
19	53	38	48,5	40	18,5	14,5
20	53	15	43	30	16	14
21	37	31	18,2	16,5	19	15
22	42	22	868,9	611,4	740	572,5
23	42,5	30				
24	53	29				
25	62,5	49				
26	33	17				
27	25,5	54				
28	29,5	48				
29	16,5	16				
30	9,2	9,4				
31	18,5	14,5				
32	48,5	40				
33	20	13,5				
34	18,5	14,5				
35	18,5	15,5				
36	38,5	25,5				
37	16	14				
38	43	30				
39	18,2	16,5				
40	19	15				
	1608,9	1183,9				

VIII – Valores de transporte coronal (TC) en las dos direcciones

	1 mm	1 mm	2 mm	2 mm	3 mm	3 mm
	TC (MD)	TC (VL)	TC (MD)	TC (VL)	TC (MD)	TC (VL)
25XF1uso	0,029	-0,039	-0,025	-0,005	-0,001	-0,070
	-0,066	-0,043	0,117	0,038	-0,049	-0,032
	0,029	-0,039	-0,025	-0,010	-0,002	-0,068
	-0,051	-0,200	-0,076	-0,154	-0,016	0,090
	0,058	-0,078	0,006	-0,039	-0,038	-0,004
	-0,066	-0,043	0,117	0,038	-0,049	-0,032
	-0,080	-0,015	-0,062	-0,048	-0,107	0,028
	-0,014	0,053	0,015	-0,173	-0,211	-0,127
	0,130	-0,220	-0,101	-0,050	0,118	0,057
	-0,042	-0,157	-0,055	0,088	0,097	-0,156
	-0,044	0,016	0,046	-0,080	0,067	0,030
	-0,053	0,009	0,117	0,067	0,081	-0,034
	-0,129	-0,114	0,013	-0,054	-0,057	-0,045
	0,015	0,044	0,215	0,046	-0,059	0,034
	0,015	0,044	0,215	0,046	-0,059	0,034
	-0,129	-0,114	0,013	-0,054	-0,057	-0,045
	0,057	-0,022	0,054	0,026	0,002	-0,020
	0,014	0,007	0,012	0,018	0,031	0,085
25XF2uso	-0,072	-0,100	0,018	-0,076	0,002	0,059
	-0,023	-0,038	0,135	-0,084	0,042	0,074
	-0,060	0,018	-0,142	-0,077	0,010	0,004
	-0,077	-0,077	-0,189	0,052	0,025	-0,071
	-0,072	-0,100	0,018	-0,076	0,002	0,059
	-0,094	0,020	0,083	0,002	0,037	0,020
	-0,082	-0,074	-0,128	0,183	0,052	-0,007
	0,026	-0,039	-0,073	-0,037	-0,002	0,059
	0,004	-0,263	-0,003	-0,028	-0,055	0,074
	0,010	-0,072	0,116	0,070	-0,028	-0,028
	-0,043	-0,110	0,064	-0,059	0,180	0,083
	-0,023	-0,038	0,135	-0,084	0,042	0,074
	0,079	0,168	0,004	0,067	0,010	-0,021
	0,093	-0,016	0,006	0,042	0,065	0,011
	0,079	0,168	0,004	0,067	0,010	-0,021
	-0,023	-0,038	0,135	-0,084	0,042	0,074
	-0,124	-0,200	-0,095	0,040	-0,063	0,042
	0,002	0,042	-0,031	0,047	0,116	-0,001
30XF1uso	0,054	-0,063	-0,011	0,020	-0,008	-0,061
	-0,115	0,005	0,167	0,052	-0,079	-0,075
	0,029	-0,049	-0,024	-0,009	-0,007	-0,079
	-0,073	-0,289	-0,076	-0,142	-0,046	0,093
	0,070	-0,065	-0,075	-0,047	-0,022	-0,006
	-0,095	-0,045	0,115	-0,003	-0,035	-0,083
	-0,073	-0,095	0,006	-0,044	-0,097	-0,070

	-0,035	0,092	0,011	-0,159	-0,220	-0,128
	0,135	-0,224	-0,099	-0,031	0,111	0,023
	0,004	-0,208	-0,133	0,091	0,172	-0,174
	-0,032	0,010	0,085	-0,080	0,081	0,048
	-0,051	-0,067	0,116	0,089	0,101	-0,020
	-0,078	-0,116	0,022	-0,106	0,013	-0,056
	0,013	0,046	0,072	-0,004	-0,110	0,042
	0,059	0,023	0,270	0,014	-0,082	0,017
	-0,129	-0,164	0,059	-0,049	-0,071	-0,003
	0,046	-0,017	0,077	-0,033	0,033	-0,088
	0,042	-0,077	0,008	0,021	0,047	0,147
30XF2uso	-0,090	-0,140	-0,007	-0,077	-0,051	0,058
	-0,032	0,025	0,072	-0,083	0,046	0,173
	-0,064	0,026	-0,141	-0,134	0,024	-0,031
	-0,079	-0,079	-0,192	0,056	0,021	-0,073
	-0,062	-0,108	-0,003	-0,070	-0,016	-0,035
	-0,126	0,034	0,011	0,020	0,041	0,011
	-0,235	-0,065	-0,078	0,221	0,100	-0,011
	0,106	0,008	-0,052	0,049	-0,055	0,043
	-0,121	-0,255	-0,004	-0,051	-0,045	0,073
	0,006	-0,087	0,172	-0,050	-0,011	-0,001
	-0,007	-0,182	0,058	-0,080	0,182	0,103
	-0,029	0,006	0,168	-0,108	0,012	0,045
	0,061	0,162	0,084	0,011	0,020	-0,045
	0,081	-0,034	0,007	0,047	0,004	0,007
	0,083	0,171	0,015	0,075	0,036	0,026
	-0,020	-0,073	0,162	-0,073	0,039	0,088
	-0,112	-0,161	-0,087	0,045	-0,024	0,022
	-0,117	0,000	-0,061	0,043	0,224	0,043
35XF1uso	0,028	-0,052	-0,067	0,013	-0,034	-0,091
	-0,088	-0,020	0,179	0,067	-0,074	-0,084
	0,028	-0,115	-0,013	0,024	0,067	-0,244
	-0,101	-0,300	-0,061	-0,101	-0,054	0,114
	-0,038	-0,089	-0,076	-0,025	-0,028	-0,001
	-0,032	-0,070	0,018	0,021	-0,046	-0,089
	-0,083	-0,114	0,002	-0,038	-0,068	-0,093
	-0,107	0,135	-0,013	-0,202	-0,213	-0,120
	0,099	-0,186	-0,087	-0,097	0,179	0,055
	0,025	-0,239	-0,230	0,063	0,146	-0,193
	-0,057	0,025	0,062	-0,044	0,003	0,049
	-0,088	-0,068	0,115	0,058	0,088	-0,011
	-0,088	-0,152	-0,031	-0,096	0,045	-0,104
	0,025	0,186	0,060	-0,018	-0,080	-0,028
	0,007	-0,008	0,216	0,011	-0,055	0,009
	-0,141	-0,176	-0,020	-0,070	-0,094	-0,021
	-0,055	-0,067	0,116	-0,045	0,017	-0,110
	-0,039	-0,108	0,046	-0,052	0,044	0,173
35XF2uso	-0,133	-0,173	0,001	-0,125	-0,078	-0,087

	-0,014	0,034	0,181	-0,117	0,107	0,126
	-0,064	0,043	-0,129	-0,197	0,084	-0,139
	-0,086	-0,071	-0,303	0,062	-0,005	-0,057
	-0,060	-0,109	-0,079	-0,061	-0,062	-0,045
	-0,053	0,010	0,032	-0,075	0,078	0,007
	-0,147	0,125	-0,011	0,238	0,095	-0,011
	0,172	-0,037	-0,040	-0,015	-0,129	0,044
	-0,164	-0,094	-0,007	-0,057	-0,136	0,004
	0,050	-0,084	0,196	-0,075	0,093	0,011
	0,006	-0,173	0,032	-0,074	0,093	0,144
	-0,008	0,017	0,171	-0,123	0,014	0,058
	0,007	0,168	0,065	0,113	0,010	-0,158
	0,091	-0,013	0,019	0,008	-0,018	-0,039
	0,109	0,162	0,027	0,041	0,040	0,030
	-0,094	0,003	0,192	-0,156	0,009	0,098
	-0,141	-0,298	-0,231	0,031	-0,041	-0,032
	-0,135	0,038	-0,131	0,058	0,229	0,021
40XF1uso	-0,028	-0,021	-0,060	0,018	-0,013	-0,081
	-0,083	0,023	0,243	0,109	-0,068	-0,069
	0,015	-0,135	-0,020	0,005	-0,036	-0,234
	-0,131	-0,293	-0,135	-0,122	-0,059	0,080
	-0,095	-0,038	-0,081	0,068	-0,039	-0,018
	-0,043	-0,074	0,013	-0,023	-0,031	-0,061
	-0,068	-0,122	-0,040	-0,076	-0,051	-0,047
	-0,108	0,065	-0,031	-0,204	-0,167	-0,122
	0,082	-0,169	-0,043	-0,106	0,176	0,061
	0,031	-0,289	-0,199	0,029	0,133	-0,192
	-0,052	0,029	0,033	0,038	0,112	-0,123
	-0,145	-0,106	0,086	0,023	0,152	-0,001
	-0,015	-0,155	0,015	-0,095	0,054	-0,141
	0,021	0,248	0,086	-0,096	-0,133	-0,028
	-0,029	-0,010	0,096	0,069	-0,004	-0,001
	-0,141	-0,229	-0,067	-0,091	-0,128	-0,083
	-0,055	-0,083	0,113	-0,094	0,006	-0,212
	-0,102	-0,178	0,088	-0,142	0,093	0,229
40XF2uso	-0,187	-0,162	0,000	-0,119	-0,066	-0,077
	-0,056	-0,169	0,163	-0,113	0,053	0,084
	-0,128	0,054	-0,131	-0,218	-0,032	-0,236
	-0,087	-0,067	-0,306	0,066	-0,003	-0,194
	-0,057	-0,125	-0,111	-0,109	-0,146	-0,070
	-0,058	0,006	0,056	-0,028	0,122	-0,004
	-0,095	0,007	-0,015	0,217	0,082	-0,004
	0,246	-0,002	-0,065	-0,025	-0,109	0,082
	-0,156	-0,075	0,010	-0,082	-0,151	0,000
	0,052	-0,092	0,194	-0,074	0,090	0,021
	0,000	-0,189	0,057	-0,080	0,129	0,162
	0,025	0,015	0,171	-0,110	0,018	0,095
	-0,039	0,305	0,071	0,138	0,038	-0,140

	0,085	-0,021	0,027	0,028	-0,005	-0,045
	0,131	0,134	0,049	0,078	0,057	0,007
	-0,065	-0,022	0,207	-0,211	0,013	0,204
	-0,227	-0,341	-0,246	0,043	-0,090	-0,048
	-0,198	-0,025	-0,207	0,033	0,211	0,042
25K31uso	0,126	-0,026	-0,192	-0,013	-0,015	-0,007
	-0,110	0,019	0,160	-0,102	0,045	-0,192
	0,126	-0,026	-0,192	-0,013	-0,015	-0,007
	0,016	-0,055	-0,006	-0,038	0,007	-0,032
	-0,110	0,019	0,160	-0,102	0,045	-0,192
	-0,060	-0,083	-0,005	-0,154	-0,012	0,018
	-0,053	-0,005	0,036	0,001	-0,020	0,085
	-0,036	-0,092	-0,022	-0,013	0,031	-0,001
	0,069	-0,122	0,001	0,000	-0,123	0,093
	-0,060	0,042	-0,001	-0,046	-0,124	0,058
	0,017	0,060	0,067	0,002	0,070	-0,047
	-0,096	0,033	-0,051	-0,018	0,114	0,022
	-0,013	-0,070	-0,032	-0,121	0,002	-0,032
	-0,123	0,004	-0,121	-0,064	0,108	-0,007
	-0,123	0,004	-0,121	-0,064	0,108	-0,007
	-0,013	-0,070	-0,032	-0,121	0,002	-0,032
	-0,354	0,010	-0,120	0,027	-0,209	0,025
	0,053	-0,020	-0,040	0,048	-0,008	-0,078
25K32uso	0,087	0,028	0,085	0,104	-0,006	-0,113
	-0,011	-0,008	-0,036	-0,041	0,038	-0,047
	0,076	0,050	0,026	-0,046	0,100	-0,090
	-0,139	0,089	-0,023	-0,116	-0,010	0,020
	0,087	0,028	0,085	0,104	-0,006	-0,113
	-0,042	0,014	-0,130	-0,030	0,150	0,035
	0,002	-0,015	0,009	-0,267	-0,083	-0,115
	-0,048	0,032	-0,066	0,095	-0,056	-0,078
	-0,172	0,132	0,036	-0,016	0,058	-0,012
	-0,040	-0,062	-0,034	-0,064	-0,046	0,024
	-0,052	-0,088	-0,041	-0,086	0,032	-0,071
	-0,011	-0,008	-0,036	-0,041	0,038	-0,047
	0,022	-0,286	0,117	0,009	0,034	0,016
	-0,140	-0,101	-0,107	-0,199	-0,009	0,001
	0,022	-0,286	0,117	0,009	0,034	0,016
	-0,011	-0,008	-0,036	-0,041	0,038	-0,047
	0,090	-0,017	-0,109	-0,154	0,111	-0,090
	0,138	-0,089	-0,143	-0,020	0,059	0,018
30XF1uso	0,071	-0,027	-0,222	0,002	-0,012	0,026
	-0,127	-0,020	0,182	-0,077	0,001	-0,181
	0,105	-0,020	-0,186	-0,032	-0,015	0,028
	-0,005	-0,056	-0,007	-0,037	0,017	-0,044
	-0,123	0,028	0,156	-0,088	-0,030	-0,273
	-0,085	-0,063	0,001	-0,123	-0,015	0,024
	-0,059	-0,038	0,033	-0,074	-0,038	0,074

	-0,172	-0,217	-0,028	-0,045	0,031	0,027
	0,064	-0,121	-0,025	-0,084	-0,059	0,093
	0,005	-0,100	0,013	-0,069	-0,120	0,065
	0,026	0,043	0,016	0,048	0,077	-0,010
	-0,168	0,000	-0,057	-0,033	0,096	-0,037
	0,002	-0,077	0,139	-0,200	0,074	0,018
	-0,144	-0,003	-0,113	-0,122	0,013	-0,063
	-0,157	0,003	-0,110	-0,054	0,128	-0,031
	-0,009	-0,040	-0,032	-0,151	0,077	-0,143
	-0,346	0,009	-0,114	0,135	-0,211	0,050
	0,038	0,028	-0,075	0,016	0,004	-0,104
30XF2uso	0,074	0,034	0,092	0,123	-0,002	-0,095
	-0,096	-0,013	-0,002	-0,058	0,048	-0,106
	0,069	0,036	0,043	-0,045	0,078	-0,091
	-0,142	0,094	-0,034	-0,132	-0,014	0,010
	0,094	0,064	0,081	0,106	-0,009	-0,073
	-0,005	0,100	-0,150	-0,033	0,150	0,058
	0,011	-0,021	-0,003	-0,330	-0,078	-0,046
	-0,043	0,025	-0,075	0,073	-0,111	-0,124
	-0,145	0,048	0,030	-0,020	0,070	-0,012
	-0,017	-0,041	-0,099	-0,061	-0,054	0,027
	-0,047	-0,139	0,038	-0,126	0,063	-0,108
	-0,019	-0,017	0,005	-0,029	0,065	-0,080
	0,079	-0,277	0,078	0,005	0,036	0,021
	-0,127	-0,148	-0,115	-0,206	-0,007	0,017
	0,038	-0,324	0,097	0,077	0,099	0,021
	-0,005	-0,034	0,019	-0,048	0,025	-0,085
	0,083	0,069	-0,098	-0,182	0,115	-0,168
	0,116	-0,184	-0,278	0,015	-0,044	-0,125
35XF1uso	0,063	0,108	-0,256	0,060	-0,033	0,052
	-0,131	-0,130	0,042	-0,105	-0,062	-0,280
	0,042	-0,038	-0,208	-0,117	0,001	-0,130
	-0,036	-0,037	-0,001	-0,085	-0,007	-0,086
	-0,167	0,055	0,076	-0,084	-0,123	-0,238
	-0,125	-0,041	-0,131	-0,116	-0,106	0,025
	-0,129	-0,038	-0,015	-0,067	-0,032	0,072
	-0,154	-0,189	-0,031	0,021	0,030	-0,008
	-0,007	-0,119	-0,012	-0,180	0,036	0,099
	0,061	-0,045	0,077	-0,042	-0,146	0,031
	-0,035	-0,003	-0,013	-0,001	0,042	0,031
	-0,131	-0,039	-0,087	-0,054	0,147	-0,027
	-0,135	0,058	0,052	-0,230	-0,022	-0,072
	-0,268	0,014	-0,133	-0,031	0,084	-0,174
	-0,109	-0,030	-0,117	-0,085	0,073	-0,094
	-0,050	-0,169	-0,114	-0,203	0,010	-0,026
	-0,417	-0,004	-0,219	0,111	-0,173	0,107
	-0,023	-0,065	-0,035	0,027	-0,031	-0,050
35XF2uso	0,072	-0,060	0,155	0,107	-0,133	-0,197

	-0,023	-0,010	-0,033	-0,070	0,079	-0,073
	0,016	0,019	0,066	-0,121	0,022	-0,102
	-0,134	0,077	-0,027	-0,176	-0,021	0,010
	0,110	0,065	-0,049	0,127	-0,031	-0,059
	0,008	0,156	-0,184	-0,036	0,141	0,050
	0,124	-0,048	-0,022	-0,408	-0,003	-0,035
	-0,033	0,021	-0,043	0,074	-0,109	-0,161
	-0,256	-0,009	0,048	-0,095	0,123	-0,011
	-0,012	-0,041	-0,087	-0,070	-0,063	0,004
	-0,038	-0,177	0,047	-0,118	0,061	-0,152
	-0,015	-0,061	-0,070	-0,044	0,045	-0,206
	0,067	-0,340	0,074	-0,006	0,029	0,070
	-0,240	-0,219	-0,126	-0,145	-0,097	0,056
	0,016	-0,326	0,100	0,102	0,064	-0,039
	0,089	-0,132	-0,066	-0,135	-0,065	-0,134
	0,089	-0,012	-0,172	-0,225	0,179	-0,174
	0,069	-0,237	-0,275	0,098	0,043	-0,175
40XF1uso	0,079	0,099	-0,280	0,066	-0,071	0,098
	-0,118	-0,118	0,061	-0,025	-0,048	-0,255
	0,075	-0,079	-0,103	-0,135	0,001	-0,105
	-0,057	-0,034	-0,089	-0,142	0,009	-0,114
	-0,164	0,057	0,021	-0,111	-0,197	-0,181
	-0,224	-0,054	-0,129	-0,116	-0,125	0,028
	-0,114	-0,091	-0,076	-0,039	0,040	0,032
	-0,201	-0,261	0,041	0,032	0,050	-0,051
	-0,104	-0,120	-0,063	-0,177	-0,025	0,100
	-0,003	-0,025	0,071	-0,129	-0,149	0,029
	-0,058	0,026	-0,005	0,000	0,063	0,016
	-0,234	-0,122	-0,113	-0,094	0,140	-0,047
	-0,139	0,056	0,016	-0,263	-0,080	-0,107
	-0,276	-0,065	-0,206	-0,046	0,041	-0,184
	-0,055	-0,026	-0,130	-0,072	0,133	-0,126
	-0,089	-0,153	-0,108	-0,277	-0,056	-0,004
	-0,418	-0,005	-0,263	0,103	-0,163	0,126
	-0,025	-0,159	-0,038	-0,064	-0,033	-0,050
40XF2uso	0,024	-0,082	0,151	0,040	-0,111	-0,246
	-0,023	-0,009	-0,003	-0,061	0,061	-0,095
	0,032	0,019	0,064	-0,161	0,014	-0,057
	-0,153	0,082	-0,142	-0,190	-0,048	0,059
	0,136	0,065	-0,043	0,119	-0,083	-0,103
	0,048	0,158	-0,182	-0,042	0,120	0,040
	0,115	-0,156	-1,027	-0,412	0,014	-0,017
	0,034	0,054	-0,047	0,044	-0,112	-0,225
	-0,252	-0,006	0,067	-0,091	0,116	-0,016
	-0,053	-0,105	-0,086	-0,052	-0,084	0,028
	-0,047	-0,187	0,050	-0,162	0,099	-0,216
	0,067	-0,019	-0,021	-0,116	0,094	-0,209
	0,032	-0,409	0,012	-0,095	0,092	-0,159

	-0,270	-0,280	-0,127	-0,268	-0,099	0,024
	0,025	-0,313	-0,017	0,038	-0,013	-0,112
	0,043	-0,159	-0,054	-0,171	-0,075	-0,194
	0,032	0,004	-0,161	-0,297	0,061	-0,238
	0,036	-0,262	-0,315	0,105	0,042	-0,109

IX – Valores de ratio de centrado en las dos direcciones

	1 mm	1 mm	2 mm	2 mm	3 mm	3 mm
	CA (MD)	CA (VL)	CA (MD)	CA (VL)	CA (MD)	CA (VL)
25XF1uso	0,517	0,636	0,662	0,915	0,982	0,320
	0,450	0,482	0,086	0,174	0,505	0,360
	0,517	0,636	0,662	0,844	0,964	0,340
	0,463	0,242	0,333	0,149	0,845	0,328
	0,564	0,328	0,850	0,264	0,764	0,826
	0,450	0,482	0,086	0,174	0,505	0,360
	0,412	0,903	0,547	0,484	0,219	0,659
	0,682	0,634	0,500	0,028	0,045	0,181
	0,122	0,167	0,179	0,490	0,510	0,123
	0,625	0,207	0,709	0,328	0,382	0,204
	0,573	0,729	0,471	0,389	0,535	0,476
	0,651	0,925	0,220	0,402	0,571	0,507
	0,332	0,219	0,800	0,299	0,504	0,262
	0,921	0,511	0,069	0,511	0,192	0,590
	0,921	0,511	0,069	0,511	0,192	0,590
	0,332	0,219	0,800	0,299	0,504	0,262
	0,739	0,836	0,731	0,810	0,983	0,845
	0,823	0,916	0,797	0,847	0,563	0,538
25XF2uso	0,217	0,219	0,455	0,126	0,962	0,473
	0,884	0,714	0,435	0,551	0,716	0,503
	0,528	0,438	0,118	0,163	0,833	0,867
	0,364	0,398	0,121	0,422	0,687	0,165
	0,217	0,219	0,455	0,126	0,962	0,473
	0,153	0,333	0,135	0,937	0,373	0,310
	0,657	0,673	0,500	0,112	0,694	0,951
	0,629	0,621	0,360	0,554	0,971	0,634
	0,956	0,359	0,972	0,714	0,771	0,444
	0,821	0,368	0,465	0,346	0,654	0,714
	0,661	0,120	0,570	0,344	0,151	0,303
	0,884	0,714	0,435	0,551	0,716	0,503
	0,397	0,061	0,500	0,464	0,787	0,500
	0,285	0,781	0,958	0,208	0,522	0,732
	0,397	0,061	0,500	0,464	0,787	0,500
	0,884	0,714	0,435	0,551	0,716	0,503
	0,307	0,103	0,362	0,245	0,596	0,679
	0,978	0,468	0,262	0,288	0,417	0,975
30XF1uso	0,413	0,606	0,935	0,823	0,922	0,609
	0,382	0,949	0,148	0,536	0,571	0,292
	0,628	0,647	0,745	0,912	0,908	0,363
	0,402	0,190	0,382	0,241	0,683	0,345

	0,571	0,519	0,607	0,413	0,878	0,905
	0,403	0,516	0,243	0,947	0,682	0,284
	0,520	0,510	0,964	0,569	0,302	0,375
	0,507	0,558	0,784	0,145	0,098	0,220
	0,135	0,185	0,233	0,696	0,578	0,681
	0,978	0,215	0,345	0,364	0,457	0,227
	0,748	0,872	0,430	0,448	0,589	0,590
	0,798	0,665	0,380	0,582	0,563	0,794
	0,621	0,314	0,790	0,269	0,910	0,513
	0,935	0,566	0,482	0,963	0,147	0,563
	0,770	0,800	0,100	0,874	0,287	0,821
	0,411	0,226	0,535	0,578	0,507	0,969
	0,804	0,902	0,674	0,813	0,806	0,594
	0,638	0,542	0,938	0,864	0,598	0,449
30XF2uso	0,204	0,259	0,892	0,294	0,523	0,500
	0,867	0,873	0,625	0,614	0,729	0,369
	0,556	0,469	0,151	0,118	0,700	0,530
	0,388	0,415	0,139	0,423	0,750	0,240
	0,436	0,345	0,943	0,333	0,879	0,780
	0,213	0,370	0,909	0,701	0,518	0,738
	0,025	0,723	0,709	0,153	0,580	0,943
	0,401	0,890	0,594	0,664	0,601	0,790
	0,199	0,443	0,970	0,602	0,820	0,571
	0,921	0,396	0,419	0,722	0,892	0,991
	0,956	0,146	0,678	0,420	0,245	0,411
	0,885	0,966	0,444	0,534	0,942	0,787
	0,599	0,169	0,354	0,942	0,718	0,545
	0,417	0,667	0,954	0,277	0,972	0,885
	0,541	0,201	0,826	0,510	0,657	0,671
	0,914	0,601	0,432	0,668	0,785	0,524
	0,391	0,230	0,494	0,348	0,876	0,843
	0,506	1,000	0,365	0,667	0,300	0,377
35XF1uso	0,714	0,798	0,711	0,910	0,782	0,565
	0,534	0,872	0,197	0,521	0,668	0,311
	0,711	0,496	0,886	0,844	0,280	0,240
	0,388	0,233	0,582	0,482	0,691	0,517
	0,836	0,529	0,697	0,784	0,883	0,988
	0,807	0,466	0,911	0,790	0,667	0,355
	0,517	0,498	0,989	0,664	0,620	0,380
	0,574	0,483	0,870	0,355	0,158	0,378
	0,438	0,345	0,374	0,458	0,478	0,542
	0,900	0,269	0,265	0,663	0,571	0,252
	0,687	0,808	0,682	0,770	0,988	0,667
	0,720	0,731	0,465	0,782	0,673	0,929
	0,644	0,333	0,803	0,385	0,824	0,416
	0,893	0,336	0,753	0,865	0,503	0,806

	0,975	0,945	0,314	0,924	0,596	0,921
	0,410	0,343	0,882	0,591	0,535	0,840
	0,799	0,716	0,604	0,807	0,920	0,600
	0,776	0,483	0,758	0,781	0,762	0,442
35XF2uso	0,213	0,245	0,991	0,294	0,506	0,584
	0,949	0,861	0,455	0,570	0,563	0,571
	0,592	0,427	0,232	0,100	0,429	0,232
	0,488	0,597	0,132	0,404	0,962	0,540
	0,516	0,384	0,509	0,483	0,749	0,764
	0,675	0,878	0,796	0,013	0,469	0,891
	0,424	0,306	0,960	0,188	0,646	0,945
	0,328	0,728	0,699	0,920	0,465	0,833
	0,271	0,805	0,960	0,749	0,638	0,978
	0,689	0,468	0,438	0,654	0,555	0,931
	0,969	0,273	0,856	0,529	0,641	0,440
	0,971	0,918	0,496	0,570	0,943	0,789
	0,965	0,240	0,668	0,435	0,885	0,347
	0,455	0,883	0,895	0,909	0,907	0,672
	0,507	0,382	0,780	0,777	0,726	0,739
	0,708	1,016	0,435	0,526	0,957	0,570
	0,429	0,220	0,294	0,648	0,829	0,842
	0,528	0,768	0,318	0,646	0,348	0,802
40XF1uso	0,801	0,922	0,773	0,896	0,922	0,646
	0,607	0,861	0,179	0,471	0,725	0,507
	0,904	0,528	0,872	0,971	0,757	0,374
	0,388	0,311	0,449	0,481	0,699	0,677
	0,695	0,826	0,708	0,692	0,861	0,838
	0,779	0,596	0,941	0,837	0,797	0,661
	0,699	0,487	0,845	0,528	0,729	0,734
	0,585	0,758	0,780	0,382	0,384	0,419
	0,573	0,431	0,768	0,456	0,506	0,545
	0,896	0,266	0,382	0,856	0,638	0,302
	0,773	0,845	0,853	0,802	0,660	0,236
	0,666	0,668	0,673	0,923	0,580	0,995
	0,943	0,365	0,921	0,505	0,804	0,403
	0,921	0,305	0,710	0,342	0,422	0,824
	0,912	0,945	0,733	0,561	0,977	0,993
	0,456	0,334	0,707	0,579	0,524	0,595
	0,814	0,688	0,633	0,678	0,977	0,449
	0,584	0,390	0,685	0,576	0,638	0,417
40XF2uso	0,218	0,360	1,000	0,377	0,631	0,692
	0,830	0,272	0,540	0,632	0,796	0,730
	0,439	0,455	0,256	0,114	0,826	0,160
	0,525	0,642	0,157	0,463	0,979	0,362
	0,596	0,378	0,469	0,391	0,562	0,713
	0,728	0,942	0,731	0,717	0,315	0,962

	0,643	0,968	0,950	0,269	0,708	0,982
	0,289	0,986	0,633	0,879	0,592	0,753
	0,355	0,848	0,948	0,703	0,620	1,000
	0,716	0,462	0,467	0,685	0,596	0,889
	1,000	0,361	0,803	0,594	0,615	0,447
	0,923	0,939	0,535	0,685	0,941	0,740
	0,864	0,182	0,667	0,450	0,727	0,602
	0,601	0,852	0,871	0,788	0,977	0,772
	0,566	0,576	0,734	0,669	0,692	0,957
	0,802	0,909	0,445	0,473	0,949	0,472
	0,357	0,273	0,339	0,736	0,718	0,819
	0,504	0,164	0,286	0,814	0,430	0,696
25K31uso	0,445	0,761	0,068	0,922	0,896	0,759
	0,060	0,768	0,249	0,329	0,710	0,059
	0,445	0,761	0,068	0,922	0,896	0,759
	0,807	0,636	0,898	0,309	0,901	0,640
	0,060	0,768	0,857	0,329	0,710	0,059
	0,592	0,252	0,960	0,120	0,478	0,308
	0,254	0,947	0,538	0,987	0,733	0,422
	0,670	0,115	0,782	0,824	0,777	0,989
	0,127	0,282	0,987	1,000	0,293	0,170
	0,600	0,425	0,970	0,535	0,190	0,463
	0,905	0,406	0,193	0,978	0,635	0,440
	0,575	0,689	0,677	0,820	0,149	0,686
	0,927	0,444	0,804	0,239	0,986	0,656
	0,385	0,852	0,440	0,500	0,488	0,889
	0,385	0,852	0,440	0,500	0,488	0,889
	0,927	0,444	0,804	0,239	0,986	0,656
	0,106	0,936	0,423	0,803	0,107	0,627
	0,701	0,767	0,560	0,616	0,897	0,594
25K32uso	0,147	0,317	0,141	0,212	0,913	0,163
	0,938	0,917	0,743	0,748	0,767	0,548
	0,183	0,495	0,600	0,516	0,130	0,286
	0,223	0,315	0,807	0,284	0,855	0,565
	0,147	0,317	0,600	0,212	0,913	0,163
	0,793	0,622	0,139	0,268	0,292	0,588
	0,986	0,737	0,959	0,036	0,494	0,303
	0,625	0,614	0,515	0,362	0,671	0,581
	0,113	0,538	0,731	0,568	0,121	0,538
	0,773	0,496	0,761	0,565	0,800	0,814
	0,759	0,200	0,664	0,386	0,742	0,474
	0,938	0,917	0,743	0,748	0,767	0,548
	0,794	0,031	0,424	0,893	0,744	0,610
	0,267	0,158	0,363	0,020	0,915	0,990
	0,794	0,031	0,424	0,893	0,744	0,610
	0,937	0,917	0,743	0,748	0,767	0,548

	0,461	0,879	0,148	0,168	0,327	0,559
	0,110	0,473	0,101	0,892	0,449	0,824
30XF1uso	0,705	0,812	0,133	0,991	0,929	0,606
	0,274	0,844	0,352	0,615	0,994	0,142
	0,626	0,835	0,191	0,845	0,909	0,705
	0,947	0,646	0,903	0,413	0,811	0,596
	0,431	0,748	0,325	0,439	0,849	0,206
	0,627	0,479	0,547	0,317	0,571	0,455
	0,272	0,792	0,629	0,086	0,608	0,535
	0,306	0,152	0,754	0,651	0,804	0,792
	0,229	0,313	0,764	0,229	0,678	0,295
	0,976	0,471	0,835	0,481	0,434	0,480
	0,880	0,561	0,883	0,727	0,691	0,908
	0,516	1,000	0,714	0,801	0,396	0,344
	0,990	0,483	0,374	0,180	0,626	0,841
	0,407	0,929	0,517	0,399	0,950	0,638
	0,357	0,923	0,580	0,682	0,506	0,613
	0,955	0,771	0,836	0,263	0,670	0,367
	0,156	0,950	0,515	0,462	0,142	0,524
	0,815	0,785	0,479	0,902	0,961	0,618
30XF2uso	0,567	0,605	0,287	0,212	0,979	0,326
	0,677	0,910	0,988	0,764	0,813	0,465
	0,400	0,667	0,547	0,550	0,366	0,345
	0,249	0,338	0,757	0,283	0,825	0,787
	0,217	0,319	0,547	0,298	0,937	0,555
	0,980	0,270	0,219	0,421	0,333	0,508
	0,931	0,682	0,987	0,030	0,562	0,699
	0,709	0,725	0,516	0,651	0,530	0,470
	0,306	0,876	0,839	0,565	0,205	0,838
	0,913	0,757	0,593	0,667	0,829	0,827
	0,807	0,245	0,779	0,347	0,670	0,491
	0,916	0,885	0,972	0,873	0,720	0,560
	0,538	0,089	0,639	0,947	0,799	0,696
	0,349	0,149	0,382	0,088	0,944	0,880
	0,789	0,100	0,589	0,630	0,108	0,667
	0,977	0,764	0,908	0,755	0,866	0,482
	0,520	0,489	0,258	0,188	0,493	0,419
	0,373	0,341	0,123	0,930	0,768	0,317
35XF1uso	0,763	0,612	0,279	0,819	0,858	0,490
	0,452	0,508	0,861	0,563	0,772	0,138
	0,869	0,770	0,325	0,639	0,995	0,500
	0,733	0,778	0,991	0,341	0,949	0,482
	0,424	0,665	0,701	0,531	0,633	0,357
	0,552	0,689	0,572	0,405	0,329	0,615
	0,184	0,810	0,883	0,535	0,752	0,607
	0,454	0,284	0,786	0,861	0,824	0,949

	0,941	0,364	0,908	0,171	0,851	0,377
	0,796	0,750	0,503	0,722	0,421	0,819
	0,887	0,978	0,937	0,995	0,861	0,811
	0,677	0,814	0,680	0,739	0,390	0,663
	0,651	0,753	0,816	0,204	0,915	0,615
	0,323	0,808	0,498	0,800	0,760	0,414
	0,571	0,651	0,582	0,653	0,753	0,447
	0,802	0,488	0,617	0,305	0,963	0,828
	0,176	0,982	0,388	0,575	0,352	0,572
	0,902	0,673	0,830	0,866	0,819	0,832
35XF2uso	0,654	0,679	0,436	0,470	0,424	0,286
	0,926	0,942	0,841	0,769	0,751	0,681
	0,881	0,863	0,500	0,328	0,841	0,386
	0,374	0,513	0,846	0,273	0,802	0,902
	0,281	0,449	0,731	0,335	0,854	0,709
	0,971	0,250	0,258	0,526	0,510	0,643
	0,560	0,500	0,919	0,023	0,985	0,794
	0,810	0,826	0,771	0,711	0,564	0,437
	0,283	0,978	0,801	0,406	0,241	0,880
	0,944	0,777	0,656	0,653	0,816	0,977
	0,862	0,289	0,761	0,464	0,724	0,392
	0,941	0,712	0,769	0,849	0,829	0,403
	0,710	0,088	0,697	0,945	0,854	0,474
	0,271	0,183	0,425	0,477	0,584	0,717
	0,915	0,149	0,600	0,611	0,565	0,719
	0,742	0,488	0,829	0,489	0,770	0,444
	0,527	0,930	0,246	0,211	0,503	0,461
	0,679	0,323	0,184	0,708	0,834	0,306
40XF1uso	0,724	0,662	0,302	0,816	0,783	0,391
	0,541	0,612	0,821	0,907	0,838	0,271
	0,811	0,669	0,671	0,674	0,996	0,637
	0,678	0,802	0,621	0,480	0,945	0,477
	0,484	0,719	0,921	0,466	0,551	0,550
	0,456	0,662	0,606	0,440	0,352	0,717
	0,397	0,665	0,618	0,756	0,794	0,842
	0,409	0,259	0,800	0,811	0,772	0,784
	0,557	0,434	0,672	0,247	0,911	0,425
	0,990	0,897	0,587	0,492	0,458	0,847
	0,838	0,878	0,980	1,000	0,829	0,923
	0,578	0,636	0,703	0,659	0,504	0,627
	0,658	0,783	0,948	0,231	0,756	0,550
	0,335	0,564	0,401	0,754	0,890	0,427
	0,808	0,745	0,589	0,771	0,658	0,512
	0,720	0,571	0,679	0,297	0,834	0,977
	0,217	0,979	0,386	0,641	0,453	0,556
	0,904	0,514	0,852	0,804	0,821	0,852

40XF2uso	0,890	0,654	0,490	0,833	0,571	0,330
	0,934	0,953	0,987	0,807	0,813	0,661
	0,806	0,887	0,672	0,329	0,910	0,712
	0,412	0,610	0,517	0,299	0,682	0,659
	0,373	0,552	0,779	0,457	0,710	0,604
	0,859	0,313	0,321	0,588	0,618	0,763
	0,603	0,268	0,223	0,012	0,944	0,927
	0,852	0,675	0,771	0,839	0,599	0,429
	0,323	0,986	0,746	0,500	0,318	0,842
	0,802	0,598	0,677	0,754	0,776	0,871
	0,852	0,320	0,785	0,434	0,640	0,415
	0,817	0,928	0,942	0,716	0,731	0,485
	0,896	0,175	0,962	0,562	0,716	0,500
	0,270	0,249	0,504	0,357	0,615	0,886
	0,908	0,238	0,940	0,870	0,935	0,527
	0,888	0,463	0,870	0,530	0,765	0,417
	0,846	0,981	0,376	0,202	0,839	0,437
	0,851	0,338	0,232	0,703	0,854	0,606

X – Valores de grosor de dentina durante la instrumentación

	1 mm	2 mm	3 mm
25XF1uso	0,099	0,036	0,060
	0,133	0,050	0,060
	0,109	0,026	0,054
	0,078	0,027	0,012
	0,034	0,064	0,153
	0,133	0,050	0,043
	0,017	0,173	0,204
	0,010	0,171	0,054
	0,032	0,128	0,030
	0,099	0,051	0,078
	0,045	0,147	0,149
	0,096	0,087	0,028
	0,218	0,064	0,051
	0,103	0,090	0,108
	0,103	0,090	0,060
	0,218	0,064	0,060
	0,102	0,146	0,117
	0,070	0,026	0,054
25XF2uso	0,080	0,069	0,060
	0,150	0,191	0,060
	0,135	0,020	0,076
	0,023	0,051	0,131
	0,080	0,069	0,081
	0,012	0,110	0,055
	0,140	0,216	0,201
	0,103	0,075	0,094
	0,095	0,059	0,090
	0,143	0,114	0,047
	0,072	0,065	0,121
	0,150	0,191	0,146
	0,052	0,004	0,037
	0,067	0,122	0,047
	0,052	0,004	0,060
	0,150	0,191	0,060
	0,102	0,190	0,102
	0,016	0,047	0,125
30XF1uso	0,116	0,163	0,117
	0,154	0,061	0,078
	0,136	0,050	0,063
	0,090	0,034	0,022
	0,072	0,083	0,203
	0,196	0,052	0,048

	0,072	0,193	0,216
	0,035	0,179	0,091
	0,037	0,148	0,038
	0,117	0,093	0,167
	0,063	0,164	0,184
	0,196	0,223	0,047
	0,227	0,072	0,028
	0,169	0,133	0,157
	0,117	0,111	0,070
	0,242	0,124	0,088
	0,117	0,163	0,132
	0,086	0,045	0,077
30XF2uso	0,091	0,074	0,103
	0,182	0,215	0,072
	0,151	0,028	0,098
	0,030	0,059	0,138
	0,092	0,093	0,143
	0,098	0,137	0,109
	0,147	0,271	0,215
	0,122	0,092	0,164
	0,105	0,071	0,134
	0,163	0,120	0,087
	0,091	0,098	0,141
	0,172	0,253	0,190
	0,091	0,046	0,051
	0,080	0,149	0,098
	0,113	0,005	0,079
	0,172	0,226	0,083
	0,106	0,199	0,126
	0,031	0,088	0,139
35XF1uso	0,144	0,175	0,145
	0,156	0,088	0,168
	0,161	0,098	0,093
	0,128	0,041	0,035
	0,103	0,108	0,238
	0,215	0,180	0,060
	0,090	0,217	0,231
	0,171	0,218	0,129
	0,121	0,175	0,146
	0,184	0,214	0,179
	0,121	0,231	0,213
	0,263	0,251	0,081
	0,298	0,102	0,153
	0,190	0,172	0,184
	0,163	0,121	0,087
	0,281	0,226	0,168

	0,225	0,180	0,217
	0,254	0,069	0,093
35XF2uso	0,139	0,110	0,140
	0,247	0,234	0,095
	0,189	0,043	0,137
	0,077	0,132	0,170
	0,109	0,132	0,237
	0,120	0,148	0,123
	0,175	0,301	0,231
	0,219	0,100	0,184
	0,105	0,107	0,176
	0,182	0,199	0,108
	0,142	0,134	0,174
	0,192	0,301	0,240
	0,193	0,131	0,077
	0,125	0,157	0,147
	0,126	0,012	0,103
	0,219	0,252	0,109
	0,118	0,344	0,184
	0,106	0,170	0,161
40XF1uso	0,165	0,204	0,174
	0,210	0,093	0,208
	0,165	0,112	0,128
	0,146	0,050	0,057
	0,139	0,151	0,315
	0,272	0,192	0,156
	0,106	0,282	0,251
	0,269	0,269	0,152
	0,126	0,196	0,156
	0,211	0,229	0,187
	0,189	0,286	0,240
	0,362	0,338	0,109
	0,327	0,131	0,229
	0,234	0,221	0,268
	0,179	0,192	0,140
	0,295	0,254	0,226
	0,311	0,193	0,249
	0,266	0,108	0,110
40XF2uso	0,161	0,167	0,149
	0,261	0,267	0,159
	0,213	0,149	0,167
	0,066	0,120	0,176
	0,123	0,169	0,361
	0,142	0,164	0,151
	0,216	0,325	0,243
	0,234	0,157	0,228

	0,152	0,109	0,231
	0,198	0,206	0,123
	0,158	0,162	0,205
	0,221	0,318	0,262
	0,287	0,163	0,101
	0,185	0,191	0,157
	0,144	0,037	0,176
	0,240	0,272	0,168
	0,125	0,372	0,287
	0,209	0,283	0,224
25K31uso	0,225	0,216	0,060
	0,084	0,122	0,060
	0,225	0,216	0,047
	0,058	0,106	0,033
	0,084	0,122	0,160
	0,112	0,178	0,037
	0,008	0,110	0,016
	0,049	0,060	0,015
	0,144	0,100	0,013
	0,220	0,026	0,105
	0,113	0,126	0,061
	0,075	0,131	0,091
	0,272	0,121	0,125
	0,116	0,158	0,027
	0,116	0,158	0,060
	0,272	0,121	0,060
	0,131	0,033	0,152
	0,154	0,088	0,129
25K32uso	0,058	0,008	0,060
	0,127	0,141	0,060
	0,092	0,171	0,174
	0,032	0,192	0,066
	0,058	0,008	0,116
	0,096	0,089	0,024
	0,027	0,108	0,184
	0,098	0,058	0,153
	0,050	0,061	0,009
	0,148	0,062	0,110
	0,190	0,078	0,116
	0,127	0,141	0,149
	0,085	0,086	0,215
	0,152	0,190	0,074
	0,085	0,086	0,060
	0,127	0,141	0,060
	0,069	0,127	0,116
	0,154	0,123	0,179

30XF1uso	0,257	0,223	0,080
	0,115	0,196	0,114
	0,257	0,285	0,063
	0,073	0,127	0,050
	0,139	0,157	0,163
	0,233	0,186	0,047
	0,083	0,120	0,030
	0,057	0,065	0,098
	0,148	0,124	0,018
	0,232	0,070	0,215
	0,136	0,161	0,135
	0,190	0,269	0,171
	0,302	0,133	0,156
	0,169	0,190	0,132
	0,121	0,178	0,070
	0,300	0,142	0,083
	0,143	0,045	0,164
	0,211	0,124	0,157
30XF2uso	0,089	0,022	0,067
	0,149	0,167	0,075
	0,101	0,181	0,194
	0,047	0,199	0,073
	0,109	0,013	0,122
	0,129	0,131	0,115
	0,031	0,112	0,192
	0,111	0,091	0,174
	0,160	0,057	0,034
	0,168	0,109	0,166
	0,217	0,097	0,160
	0,148	0,251	0,163
	0,092	0,191	0,231
	0,169	0,205	0,116
	0,135	0,116	0,081
	0,147	0,175	0,080
	0,074	0,139	0,132
	0,175	0,189	0,228
35XF1uso	0,243	0,321	0,142
	0,185	0,229	0,135
	0,287	0,388	0,093
	0,101	0,187	0,068
	0,180	0,223	0,339
	0,237	0,244	0,103
	0,149	0,153	0,077
	0,117	0,112	0,110
	0,214	0,195	0,056
	0,278	0,096	0,225

	0,378	0,184	0,159
	0,345	0,352	0,213
	0,318	0,166	0,250
	0,207	0,234	0,146
	0,133	0,217	0,106
	0,308	0,291	0,205
	0,242	0,142	0,182
	0,228	0,149	0,171
35XF2uso	0,190	0,037	0,217
	0,212	0,192	0,090
	0,115	0,207	0,219
	0,098	0,224	0,085
	0,150	0,126	0,259
	0,148	0,145	0,167
	0,063	0,274	0,210
	0,172	0,185	0,188
	0,232	0,123	0,049
	0,187	0,171	0,189
	0,249	0,130	0,175
	0,166	0,279	0,215
	0,164	0,307	0,245
	0,213	0,211	0,227
	0,163	0,170	0,126
	0,165	0,281	0,102
	0,094	0,236	0,183
	0,244	0,242	0,344
40XF1uso	0,247	0,343	0,281
	0,222	0,322	0,271
	0,387	0,400	0,172
	0,155	0,294	0,180
	0,186	0,294	0,371
	0,253	0,341	0,117
	0,154	0,215	0,122
	0,182	0,164	0,195
	0,253	0,301	0,101
	0,305	0,105	0,236
	0,423	0,232	0,177
	0,451	0,460	0,244
	0,351	0,207	0,311
	0,274	0,277	0,217
	0,158	0,280	0,140
	0,376	0,324	0,232
	0,269	0,187	0,213
	0,337	0,188	0,185
40XF2uso	0,221	0,103	0,250
	0,236	0,254	0,124

	0,162	0,282	0,292
	0,117	0,282	0,143
	0,180	0,173	0,346
	0,161	0,174	0,211
	0,082	0,302	0,243
	0,183	0,205	0,213
	0,292	0,126	0,071
	0,256	0,181	0,242
	0,291	0,173	0,192
	0,198	0,310	0,245
	0,275	0,320	0,260
	0,333	0,264	0,262
	0,188	0,296	0,254
	0,205	0,296	0,141
	0,251	0,263	0,251
	0,270	0,281	0,359

XI – Resumen

Objetivo: El objetivo de éste estudio era comparar los sistemas de instrumentación K3® y K3XF® en cuanto a transporte apical, transporte coronal, capacidad de centrado, tiempo de preparación, eliminación de dentina hacia el área de peligro y los defectos producidos en los instrumentos tras la preparación de dos conductos mesiales de molares mandibulares.

Material y métodos: Se evaluaron las preparaciones de 80 conductos de molares mandibulares instrumentados en un modelo de fantoma en un simulador dental. Se tomaron radiografías y tomografías computerizadas de haz cónico de las muestras a medida que se producía el ensanchamiento apical hasta una lima de 40.04 para las posteriores mediciones del tercio apical y coronal. Se analizaron después los instrumentos utilizados. Ambos sistemas se utilizaron a 350 rpm y 2.8 con una técnica crown-down. Se inspeccionaron los instrumentos y se tomaron fotografías con una cámara acoplada a un estereomicroscopio. Se analizaron los datos mediante un análisis de varianza con un nivel de significancia del $P < 0.05$.

Resultados: No observamos diferencias significativas en los variables evaluadas según el número de usos con ambos sistemas ($P > 0.05$). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a capacidad de centrado, transporte coronal y apical entre los sistemas, excepto cuando se realizaba un ensanchamiento apical hasta un calibre de #40 ($P < 0.05$). La preparación con el sistema K3 removió una cantidad de dentina superior hacia el área de peligro ($P < .05$) sin diferencias en cuanto al transporte apical se refiere ($P > 0.05$) y se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la cantidad de remoción de dentina cuando el ensanchamiento se realizada hasta una lima 40.04. No se produjo ninguna fractura de instrumento. El fallo más común para ambos sistemas fue el de desespiración leve. No se produjeron diferencias significativas entre sistemas.

Conclusión: Ambos sistemas prepararon dos conductos curvos de manera eficiente y segura sin diferencias significativos entre sistemas.

