

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD DE ENDODONCIA



**ANÁLISIS MEDIANTE CBCT DE LA TRANSPORTACIÓN APICAL EN MODELOS
3D DE DIENTES MAXILARES DESPUÉS DE LA PREPARACIÓN CON
SISTEMAS HYFLEX CM Y V-TAPER 2H**

**TRABAJO TERMINAL PARA OBTENER EL DIPLOMA DE
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

PRESENTA
ANGEL ARPAKSAD ALVARADO DOMÍNGUEZ

PRESIDENTE
DIRECTOR DEL PROYECTO
M.O. SALVADOR OLIVARES RODRÍGUEZ

SINODAL
CO-DIRECTORA DEL PROYECTO

DRA. MARÍA ELENA DE LOS ÁNGELES HOFFMAN SALCEDO

SINODAL
CO-DIRECTORA DEL PROYECTO

DRA. ANA GABRIELA CARRILLO VÁRGUEZ

TIJUANA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

JUNIO DE 2018

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

Tijuana, BC a junio de 2018

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **ANÁLISIS MEDIANTE CBCT DE LA TRANSPORTACIÓN APICAL EN MODELOS 3D DE DIENTES MAXILARES DESPUÉS DE LA PREPARACIÓN CON SISTEMAS HYFLEX CM Y V-TAPER 2H.**

Propuesto por el **CD Angel Arpaksad Alvarado Domínguez**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

A T E N T A M E N T E

PRESIDENTE
M.O. SALVADOR OLIVARES RODRÍGUEZ

Ccp.- Archivo.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

Tijuana, BC a junio de 2018

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **ANÁLISIS MEDIANTE CBCT DE LA TRANSPORTACIÓN APICAL EN MODELOS 3D DE DIENTES MAXILARES DESPUÉS DE LA PREPARACIÓN CON SISTEMAS HYFLEX CM Y V-TAPER 2H.**

Propuesto por el **CD Angel Arpaksad Alvarado Domínguez**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

A T E N T A M E N T E

SINODAL
DRA. MARÍA ELENA DE LOS ÁNGELES HOFFMAN SALCEDO

Ccp.- Archivo.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

Tijuana, BC a junio de 2018

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **ANÁLISIS MEDIANTE CBCT DE LA TRANSPORTACIÓN APICAL EN MODELOS 3D DE DIENTES MAXILARES DESPUÉS DE LA PREPARACIÓN CON SISTEMAS HYFLEX CM Y V-TAPER 2H.**

Propuesto por el **CD Angel Arpaksad Alvarado Domínguez**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

A T E N T A M E N T E

SINODAL
DRA. ANA GABRIELA CARRILLO VÁRGUEZ

Ccp.- Archivo.

Agradecimientos

Quisiera agradecer por el apoyo para la elaboración de esta tesis a mi coordinadora de posgrado, Dra. Ana Gabriela Carrillo Vázquez por las horas invertidas en nuestro aprendizaje, en elevar el nivel de educación que recibimos mediante su incansable labor, conseguir conferencistas de talla nacional e internacional y fomentar en nosotros un punto de vista crítico para formar un criterio en nuestra profesión. Agradezco además por su apoyo en la elaboración de este documento al M.O. Salvador Olivares Rodríguez que en todo momento se preocupó por ayudarnos tanto a nivel profesional, en laboratorio y clínica como a nivel personal, siempre recordaré la pregunta de todos los viernes “¿Vas a ir para San Luis miijo?” y mi respuesta siempre era recibida con un sincero “te vas con cuidado”, su apoyo y amabilidad siempre se quedaran grabadas en mí.

Un agradecimiento especial además al Dr. Ricardo Vázquez que sin su apoyo ésta investigación no se hubiera podido realizar, por su interés mostrado, gracias por su tiempo, los recursos aportados, la capacitación y la disponibilidad en todo momento. Gracias al CDEE Luis Hernán Carrillo Varguez por su desinteresada ayuda en la realización del análisis de los resultados, el tiempo, la paciencia de realizar tres análisis y por su amistad brindada. A todos mis maestros que aportaron su esfuerzo por brindarme la educación que recibí y junto con ella su amistad a pesar de que había momentos que la abundancia de trabajo nos hacía sufrir me hicieron descubrir que era capaz de dar más de lo que originalmente creía, muchas gracias por sus aportaciones.

Un agradecimiento especial a María Victoria López Partida, que nos apoyó desde el propedéutico, nunca había probado un café más cargado, gracias era

necesario. A Adriana Murrieta muchas gracias por su ayuda en la clínica, por su preocupación por mí como persona brindándome su amistad y hasta en varias ocasiones alimentarnos cuando no alcanzábamos a desayunar o comer, gracias por todo.

Gracias a mis compañeros que hicieron un grupo unido, a veces discutíamos, a veces peleábamos, pero nunca nos dejamos de querer y apoyar volviéndose para mí una familia, gracias a todos por su esfuerzo, el verlos siempre me impulsó a dar lo mejor de mí.

Dedicatoria

Quiero dedicárselo a mis padres que a pesar de las circunstancias que atravesaran, siempre estuvieron apoyándome, gracias por la formación que me han dado, gracias por comprender mis ausencias durante este tiempo y siempre apoyarme. A mi esposa, sin su apoyo no estaría aquí, gracias por ayudarme en cada momento de mi camino, gracias por comprender mis tiempos, idas y vueltas y mis prisas, gracias por brindarme tu cariño, ayuda y por atravesar por todos estos momentos fáciles y difíciles de la mano.

Índice

Resumen.....	1
Abstract.....	4
Introducción.....	6
Planteamiento del problema.....	13
Justificación.....	14
Antecedentes.....	15
Marco teórico.....	22
<i>Transportación del conducto</i>	23
<i>Aleación NiTi</i>	26
<i>Diseño del instrumento</i>	32
Hipótesis.....	35
<i>Hipótesis nula</i>	35
<i>Hipótesis alternativa 1</i>	35
<i>Hipótesis alternativa 2</i>	35
Objetivos.....	36
Variables.....	36
<i>Variable dependiente</i>	36
<i>Variable independiente</i>	36

<i>Operación de variables</i>	36
Universo de estudio.....	36
Criterios de inclusión.....	37
Criterios de exclusión.....	37
Criterios de eliminación.....	37
Materiales.....	38
Metodología.....	39
<i>Preparación para la instrumentación</i>	40
<i>Grupo V-Taper 2H</i>	40
<i>Grupo Hyflex CM</i>	41
<i>Procesado de las imágenes</i>	42
Resultados.....	46
Análisis estadístico.....	48
Discusión.....	51
Conclusiones.....	54
Referencias.....	55

Resumen

El objetivo del presente estudio es determinar el grado de transportación del conducto producido por limas Hyflex CM y limas V-Taper 2H, siendo las dos de la misma aleación NiTi pero con diferente diseño, Hyflex CM (Coltene/Whaladent, Inc, Cuyahoga Falls, OH) con conicidad continua y V-Taper 2H (SS White Dental, Lakewood, NJ) con diseño parabólico o conicidad variable.

La instrumentación se realizó en conductos mesial(**M**) y distal(**D**) de modelos dentales (Truetooth maxillary molar replica 3-001, de Dental Engineering Laboratories, Santa Barbara, CA) de primeros molares maxilares. Posteriormente los conductos fueron analizados mediante CBCT (PAX- Duo 3D de VATECH System Co. Ltd.).

Metodología

Se utilizaron 30 modelos dentales divididos en 2 grupos de 15 modelos cada grupo. Para conductimetría y se trabajó la lima manual #10 hasta lima #20 en ambos grupos. El grupo V-Taper 2H se instrumentó con lima 25.06 mientras que el grupo Hyflex CM se instrumentó con lima 25.04, ambos sistemas fueron empleados por el mismo operador hasta longitud de trabajo de 5-10 segundos, utilizando una lima nueva por cada diente.

Se evaluó un modelo dental previo a la preparación y los dos grupos fueron nuevamente evaluados posteriormente a la preparación mediante CBCT.

Se observaron las imágenes de la sección axial a 1, 3 y 5 mm del ápice y procedió a dibujar una figura geométrica que sirviese como guía para recabar las

medidas en un mismo sentido. Se tomaron medidas en sentido mesio-distal (**M-D**) y buco-palatino (**B-P**) de los conductos M y D.

La fórmula de Gambill et al. para analizar la transportación es utilizada:

$$[(A - a) - (B - b)]$$

Resultados

No existe diferencia estadísticamente significativa entre la transportación del sistema Hyflex CM en comparación con el sistema V-Taper 2H, haciendo notar que en aleaciones de tipo martensita parece no haber diferencia entre la transportación generada por un diseño con una misma conicidad y otro sistema de conicidad variable. Al comparar la transportación producida en cada tercio, dentro de los mismos grupos, se nota que hay una diferencia estadísticamente significativa entre la transportación producida a 3 y 5 mm del ápice, siendo mayor a la producida a 1 mm del ápice en el conducto M, en ambos grupos. En caso del conducto D en sus medidas M-D el grupo de V-Taper 2H no presenta diferencia significativa de su transportación, pero el grupo de Hyflex CM presenta una discrepancia estadísticamente significativa de mayor transportación a 5mm del ápice. Lo anterior puede ser atribuible a la conicidad parabólica del sistema V-Taper.

Conclusión

No existe diferencia estadísticamente significativa en la transportación entre el grupo Hyflex CM y el grupo V-Taper 2H. Sin embargo, al comparar los tres puntos de medición dentro de cada grupo se observa que el sistema Hyflex CM produce transportación estadísticamente significativa en el conducto D dentro de

la medida M-D a 5 mm del ápice a comparación del sistema V-Taper 2H que permanece sin diferencia significativa de transportación, adjudicable a su favorable diseño parabólico.

Abstract

The objective of the study is Hyflex CM and files V-Taper 2H, being both of the same NiTi alloy but with different design, Hyflex CM (Coltene / Whaladent, Inc., Cuyahoga Falls, OH) with continuous taper and V-Taper 2H (SS White Dental, Lakewood, NJ) with parabolic design or variable taper.

The instrumentation was performed in mesial (M) and distal (D) canals of dental models (maximum maxillary molar replication 3-001, from Dental Engineering Laboratories, Santa Bárbara, CA) of maxillary first molars. The canals were analyzed using CBCT (PAX-Duo 3D from VATECH System Co. Ltd.).

Methodology

30 dental models divided into 2 groups of 15 models each group where used. Canal measurements were taken with # 10 file and enlarged to file # 20 in both groups. The group V-Taper 2H was worked with the rotatory 25.06 file, while the group Hyflex CM was worked with rotatory 25.04 file, both systems were used by the same operator to working length during 5-10 seconds, using a new file for each tooth.

A CBCT was taken of the dental model and the two groups were evaluated through CBCT after the instrumentation.

The images of the axial section at 1, 3 and 5 mm of the apex were observed and a geometric figure was drawn that served as a guide to gather the measurements in the same direction. Measurements were taken in the mesio-distal (M-D) and bucco-palatal (B-P) direction of canals M and D.

The formula of Gambill et al. to analyze transportation was used:

$$[(A - a) - (B - b)]$$

Results

There was no statistically significant difference between the transportation of the Hyflex CM system compared to the V-Taper 2H system, noting that in martensite-type alloys it does not seem to be a difference between the transportation generated by a design with the same taper and another system with parabolic taper. When comparing the transportation produced in each third, within the same groups, there was a statistically significant difference between the transportation produced on 3 and 5 mm of the apex, being greater than the transportation in 1 mm of the apex in the M canal, on both groups. In the case of canal D in its M-D measurements, the V-Taper 2H group does not have a significant difference in their transportation, but the Hyflex CM group presented a statistically significant difference of greater transportation at 5mm from the apex. The above can be attributed to the parabolic taper of the V-Taper system.

Conclusion

There is no significant statistical difference in transportation between the Hyflex CM group and the V-Taper 2H group. However, the result of Hyflex CM produced statistically significant transportation in the M-D canal on the comparison of the 5 mm against V-Taper 2H that remained without significant difference of transportation, adjudicable to its favorable parabolic design.

Introducción

La endodoncia se define como “la parte de la odontología que se ocupa de la morfología, fisiología y patología de la pulpa dental y los tejidos perirradiculares, así como de su correspondiente tratamiento. Su estudio y práctica abarcan las ciencias básicas y clínicas, que incluyen la biología de la pulpa normal, etiología, diagnóstico, prevención y tratamiento de las enfermedades y lesiones de la pulpa asociada con las condiciones perirradiculares”, conforme lo define Basrani.

Una vez que el periodo de prevención ha terminado, se requiere realizar una acción con la intención de eliminar la enfermedad y lesiones que pudiesen existir, esta es la etapa del tratamiento dentro de la cual, existen tres pasos los cuales son esenciales para lograr éxito en el tratamiento dental descritos por Grossman. La correcta apertura y conformación del conducto radicular da la oportunidad de lograr una limpieza y desinfección del mismo logrando eliminar bacterias y el lodillo dentinario, dejando un espacio limpio el cual pueda alojar una obturación tridimensional sellando adecuadamente el conducto⁽¹⁾. Es esencial que estos tres pasos se den con éxito, el fracaso en cualquiera de estos predispone al fallo del tratamiento endodóntico.

La desinfección del diente se da mediante el desbridamiento mecánico al momento de ensanchar y conformar el conducto, además, mediante la limpieza química del mismo. Para lograr una correcta desinfección es necesaria la acción del irrigante que debe tener contacto con todas las paredes del conducto radicular y a lo largo de toda su extensión. En otras palabras, la limpieza del diente depende directamente de que el irrigante pueda tener contacto a través de toda la extensión del conducto. Kenneth al investigar sobre la relación existente entre el

grado en que un conducto es ensanchado y la eficacia que presenta el irrigante en la desinfección, descubre que un conducto con un diámetro apical mayor permite que el irrigante fluya mejor a través de la longitud del mismo, estando así en contacto con una mayor superficie, esto a su vez hace posible que el irrigante elimine una mayor cantidad de bacterias ⁽²⁾

Por lo anteriormente mencionado, la limpieza y conformación del conducto radicular, es un paso esencial para lograr la eliminación de los microorganismos del interior del sistema de conductos radiculares ⁽³⁾, previniendo o aliviando así la periodontitis apical. Se debe recordar que, si bien se desea lograr un ensanchamiento del conducto radicular, éste necesita respetar la anatomía original del mismo, en otras palabras, siempre se debe respetar la centralidad del conducto, de otra manera incurriremos en el riesgo de debilitar las paredes dentinarias y predisponer el diente a fracturas.

Para obtener el desbridamiento y ensanchamiento del conducto radicular, el clínico se vale de limas manuales y rotatorias ^(4,5). Con el fin de lograr un mejor tratamiento endodóntico varios clínicos se dan a la tarea de mejorar los instrumentos utilizados, desde el primer intento hecho por Grove de diseñar instrumentos estandarizados, así como los posteriores esfuerzos realizados por Ingle en 1955 para estandarizar los instrumentos hasta su final aceptación en la Segunda Conferencia Internacional de Endodoncia en 1958.

El esfuerzo de los clínicos por mejorar los instrumentos endodónticos los lleva a buscar la estandarización de estos para así, posteriormente, permitir la adopción de mejoras tanto en el proceso que se realiza al fabricar el instrumento, la modificación de la forma de los instrumentos, así como el uso de diferentes

materiales con los que serán fabricados. Las limas endodónticas introducidas por Kerr en 1901 fueron fabricadas inicialmente de acero al carbono, las cuales al ser muy rígidas producían errores al momento de instrumentar los conductos, especialmente los que se encontraban curvados.

La adopción de la aleación de NiTi en odontología inicia con George F. Andreasen en 1971 usando alambres ortodónticos, los cuales presentan mayor resistencia a la fatiga. Recientemente comienza a utilizarse este material para la manufactura de limas, tanto manuales como rotatorias logrando disminuir en gran medida errores producidos por las anteriores aleaciones. Esta aleación presenta dos características únicas de memoria de forma, la cual al ser sometida a deformaciones y a cambios de temperatura (calor) le permite volver a su forma original y su otra característica de superelasticidad, la cual le permite sufrir grandes deformaciones sin fracturarse, además de propiedades mecánicas superiores, una excelente resistencia a la corrosión y adecuada biocompatibilidad.

Independientemente del material con el que la lima esté fabricada, es de gran importancia que la preparación mecánica del conducto radicular respete la forma del mismo para prevenir transportaciones, escalones o perforaciones ⁽⁶⁾.

El éxito clínico en la utilización de instrumentos ya sean de acero inoxidable o de NiTi, depende del conocimiento que tiene el operador, de las propiedades del mismo, así como del conocer la morfología dental y el comportamiento biológico del sistema de conductos. Uno de los conceptos que siempre debe tenerse presente al momento de trabajar, es la *memoria de forma*, la propiedad que tienen los metales y ciertas aleaciones de retornar a su forma original posterior a su deformación elástica. Es por esta propiedad que los metales más rígidos, como

acero inoxidable, presentan un menor grado de elasticidad lo cual lleva a que el instrumento, al ser sometido a una deformación dentro del conducto radicular, intente volver a su forma original en su interior, produciendo una modificación de la forma original del mismo. La transportación se da porque el instrumento utilizado, presenta una memoria de forma que lo lleva a tratar de restaurar su forma original en el interior del conducto modificando a este último, volviéndolo más recto, creando escalones o incluso llegando a producir perforaciones. Los instrumentos de NiTi presentan mayor flexibilidad, lo cual permite una preparación más segura y precisa al compararse con instrumentos tradicionales de acero inoxidable.

El avance tecnológico y la asociación de la metalúrgica con la endodoncia permite que los instrumentos rotatorios se fabriquen con aleación de níquel-titanio confiriéndoles propiedades mejoradas y reduciendo su memoria de forma, otorgándoles superelasticidad, pudiendo volver a su forma original una vez se les aplique calor después de haber sufrido una deformación (**Figura 1**). La superelasticidad es la capacidad del instrumento a ser deformado por fuerzas externas y una vez que estas fuerzas cesan, retomar su forma, presenta un límite el cual, al ser superado, no puede volver a su forma original.

Yu y Schilder enumeran los objetivos clásicos de la terapia de conductos para considerarse exitosa, entre los cuales señalan la importancia de desarrollar una conicidad continua a lo largo del conducto radicular, manteniendo la dirección original del conducto en sus múltiples planos y no transportar el conducto. ⁽³⁾

Las propiedades elásticas obtenidas por los metales le brindan la habilidad a diferentes instrumentos de NiTi para preservar la forma original del conducto radicular, durante la preparación mecánica⁽⁷⁻⁹⁾.

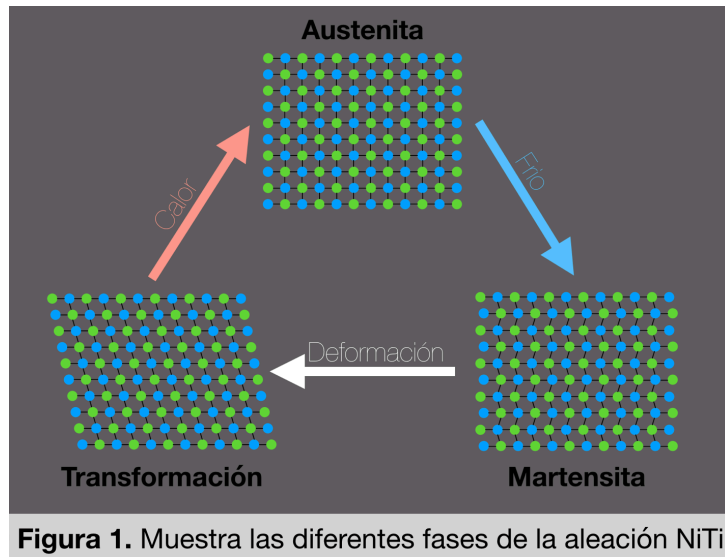


Figura 1. Muestra las diferentes fases de la aleación NiTi

Esto es gracias a que la aleación NiTi es de la familia de las aleaciones intermetálicas. Lo anterior representa que la aleación NiTi puede existir en diferentes formas cristalográficas con distintas fases y distintas propiedades mecánicas: austenítica, transformación y martensítica (**Figura 1**).

Con el fin de mejorar aún más las propiedades de los instrumentos NiTi, las diferentes casas comerciales han modificado la proporción de los metales, también han desarrollado nuevos procesos de tratamiento térmico. El objetivo de este tratamiento es reducir el nivel de estrés en meseta súper elástica ^(4,7). Como resultado del tratamiento térmico se logra obtener instrumentos con mayor flexibilidad y resistencia, que presentan una memoria de forma controlada (**Figura 2**), generando menor tensión durante el trabajo mecánico del conducto ^(10,11) Al presentar memoria de forma controlada implica que el instrumento presenta una tendencia menor a volver a su forma original y por ende el instrumento presenta un riesgo menor de producir transportaciones, escalones o perforaciones.

Respetar la anatomía del conducto radicular posterior a la instrumentación mecánica es esencial para un pronóstico exitoso. La transportación del conducto



radicular aumenta el riesgo de formación de escalones, debilitamiento de la pared dentinaria de las raíces, haciendo susceptible el diente a la fractura, y también puede llegar a producir perforaciones. Estudios microbiológicos confirman comúnmente la presencia de bacterias dispuestas en biofilms en las paredes del conducto radicular de los dientes tratados ⁽¹²⁾ lo cual demuestra lo importante que es para el clínico que los instrumentos utilizados con el fin de ensanchar logren respetar la morfología del conducto realizando su acción sobre todas las paredes del conducto.

La eliminación de los microorganismos presentes en el conducto es el objetivo microbiológico del tratamiento de conductos lo cual raramente se puede lograr ⁽¹²⁾. “Teniendo en cuenta la alta tasa de éxito del tratamiento endodóntico, es razonable suponer que lo que es clínicamente alcanzable y posiblemente suficiente para un resultado óptimo es la reducción máxima de la carga biológica microbiana a niveles compatibles con la cicatrización de tejido perirradicular” ^(12,13) Existen varios estudios que hacen hincapié en la capacidad de los instrumentos de NiTi de respetar la anatomía del conducto ⁽⁷⁻⁹⁾

La nueva generación de instrumentos NiTi posee un tratamiento térmico el cual mejora las propiedades de superelasticidad y resistencia ante la fractura. También se conocen estos instrumentos mejorados como instrumentos de memoria controlada haciendo referencia a que no presentan memoria de forma pudiendo ser precurvados antes de su introducción al conducto (**Figura 2**), reduciendo el riesgo de transportar el conducto, formar escalones o perforar, en especial en conductos con curvaturas severas. Una vez terminado su uso, al aplicarles calor, estos instrumentos pueden volver a su fase cristalográfica de austenita volviendo a retomar su forma original.⁽¹⁴⁾

Otra modificación que sugerida para mejorar el rendimiento de los instrumentos es modificar su forma, para lo cual se emplea el uso de una variación en la conicidad del instrumento, a través de su parte activa para disminuir el desgaste realizado sobre las paredes dentinarias del conducto, siguiendo así una forma más anatómica y disminuir el riesgo de futuras fracturas del diente.

Planteamiento del problema

La limpieza, conformación y obturación del sistema de conductos es esencial en la endodoncia, pero nunca debe dejarse de lado evitar la modificación de la forma original del conducto para lograr tener éxito en la terapia de conductos.

El ser negligentes en respetar el centrado del conducto pone en riesgo al clínico de provocar transportaciones, formación de escalones, crear obstrucciones o incluso se puede producir perforaciones, provocando el debilitamiento de la estructura radicular remanente.

Además, cuando se provoca una modificación en la anatomía del conducto, se incurre en el riesgo de una obturación apical deficiente o la persistencia de la periodontitis apical.

El efecto que ejerce sobre la preparación centrada del conducto las limas Hyflex CM las cuales presentan un tratamiento térmico que les confiere una reducida memoria de forma en comparación con limas V-Taper 2H las cuales además del tratamiento térmico, han sido rediseñadas presentando una conicidad y forma helicoidal variables es un tema aún desconocido.

¿Respetar el centrado del conducto de una manera más adecuada, evitando así escalones, transportaciones o perforaciones, limas que son tratadas previamente en calor con memoria controlada y conicidad fija? o ¿La modificación de la forma del instrumento tiene un factor determinante al momento de usar un instrumento de memoria controlada para evitar la transportación de los conductos?

Justificación

La manufactura de limas rotatorias ha mejorado con el paso del tiempo, los fabricantes optimizan las propiedades elásticas de las limas cambiando el metal utilizado para fabricarlas, la proporción de los metales, la forma del instrumento, y más recientemente mediante el tratamiento térmico de las mismas.^(14,15) Se debe recordar que el objetivo de la terapia endodóntica es el desbridamiento y ensanchamiento del sistema de conductos radiculares para su posterior obturación, sin producir modificaciones que pudiesen comprometer el diente a fracturas. Por ende, se debe evitar desviarnos del centrado del conducto.

Este proyecto tiene como fin evaluar el centrado de la preparación apical producida por limas Hyflex CM que presentan mejoras mediante un tratamiento térmico pero conicidad constante y limas rotatorias V-Taper 2H las cuales además del tratamiento térmico presentan un diseño optimizado y conicidad variable.

Antecedentes

James M. Gambill, Marden Alder y Carlos E. del Rio⁽¹⁶⁾ realizan una comparación entre instrumentos manuales tradicionales de acero inoxidable y limas manuales de NiTi, con el fin de evaluar la transportación producida por ambos sistemas. Se emplea imágenes mediante tomografía computarizada para evaluar los conductos radiculares preparados con instrumentos de mano de níquel-titanio y de endodoncia manual de acero inoxidable.

Treinta y seis dientes uniradiculares de forma y tamaño similar se dividen en tres grupos. Los dientes son escaneados por tomografía computarizada antes de la instrumentación. En el grupo A, los conductos son instrumentados usando una técnica de cuarto de giro / extracción con limas K-flex. En el grupo B, los conductos se preparan con limas de mano Ni-Ti (limas Mity) usando la misma técnica que el grupo A. El grupo C se prepara con limas de mano Ni-Ti (limas Mity) usando una técnica de ensanchado. Los dientes se escanean nuevamente mediante tomografía computarizada una vez son instrumentados, y las imágenes reconstruidas de los conductos no instrumentados se comparan con las imágenes de los conductos instrumentados.

Los instrumentos Ni-Ti (limas Mity) utilizados en una técnica de ensanchado causan significativamente menos transporte del conducto, eliminan significativamente menos volumen de dentina, requieren menos tiempo de instrumentación y produce preparaciones de conductos más centradas y redondeadas que las limas de acero inoxidable K-flex utilizadas en una técnica de cuarto de giro / arrastre.

El sistema de imágenes de tomografía computarizada utilizado en este estudio proporciona un método repetible y no invasivo para evaluar ciertos aspectos de la instrumentación endodóntica. Además de que deja ver la diferencia que existe entre un instrumento clásico de acero inoxidable y su contraparte mejorada confeccionada de NiTi.

Sina Haghani et al. ⁽¹⁷⁾ realizan una evaluación de transporte apical comparando conductos preparados con limas manuales y rotatorias mediante tomografía computarizada. En tal estudio se comparan limas rotatorias Mtwo, Dia-
pt y Kflexofiles utilizando imágenes capturadas mediante CBCT debido a la oportunidad de realizar mediciones tridimensionales adecuadas de los conductos antes y después de la preparación. Resulta que los conductos preparados con limas rotatorias Mtwo preservan de una manera más adecuada la centralidad del conducto mientras que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los conductos preparados con limas rotatorias Dia-pt y Kflexofiles.

Caroline Zanesco et al. ⁽¹⁸⁾ investigan la relación existente entre la centralidad del conducto y el aumento de volumen del área preparada producida después de la instrumentación de conductos mesio-bucales de molares maxilares comparando sistemas manuales, rotatorios y reciprocantes y como herramienta para comparar los cambios utilizan un micro-CT y radiografía digital con el fin de comprobar la validez de la radiografía de sustracción digital.

Cuarenta y cinco conductos son divididos en tres grupos de 15 conductos cada uno y asignados aleatoriamente al grupo de limas manuales K; ProTaper Next; o Reciproc para ser preparados. Las limas maestras apicales son # 25, X2 (# 25/06) y R25 (# 25/08), respectivamente. Se utilizan imágenes de micro-

tomografía computarizada para medir la transportación apical y el radio de centrado a 1, 4 y 7 mm desde el ápice. Se mide el volumen de incremento para cada tercio de la raíz y para todo el conducto. La radiografía de sustracción digital (proyecciones mesiodistal y bucolingual) se utiliza para medir la transportación apical a 1 mm del ápice.

El estudio concluye que el radio de centralidad del conducto es similar para los tres sistemas comparados. Zanesco et al. notan además que tanto la imagen de DSR como la de micro-TC muestra que la transportación apical siempre ocurre en el exterior de la curvatura del conducto.

La preparación apical en dientes instrumentados empleando limas de níquel-titanio con tratamiento térmico es evaluada por Bernardo Correa et al.⁽⁷⁾ El objetivo de este estudio es realizar una comparación tridimensional del transporte del conducto y los cambios en la geometría apical utilizando imágenes de tomografía micro computarizada después de la preparación del conducto con los sistemas de limas K3 (SybronEndo, Orange, CA) y K3XF (SybronEndo).

Veintiocho molares mandibulares se dividen aleatoriamente en 2 grupos de acuerdo con el sistema rotatorio utilizado en la instrumentación: K3 o K3XF. Las muestras se escanean mediante imágenes tomográficas microcomputadas antes y después de la instrumentación. Las imágenes antes y después de la instrumentación de cada grupo se compara con respecto al volumen del conducto, el área de la superficie y el índice del modelo estructural. Después de la instrumentación, se compara los conductos de cada grupo con respecto a los cambios en volumen, área de superficie, índice de modelo estructural y la transportación del conducto en los últimos 4 mm apicales.

Al comparar los resultados de los instrumentos rotatorios K3 y K3XF no se observa influencia del instrumento que recibe tratamiento térmico, en cuanto a la geometría del conducto. Correa et al. concluyen que ambos instrumentos muestran bajos niveles de transportación apical, sin diferencia significativa entre los dos grupos evaluados.

Venino Pier et al.⁽¹⁹⁾ realizan un estudio en el cual comparan limas Hyflex EDM y Protaper Next. El objetivo de este estudio es evaluar y comparar, mediante imágenes de tomografía microcomputada, la capacidad de modelado de ProTaper Next y los nuevos instrumentos con tratamiento térmico HyFlex EDM.

Cuarenta dientes son divididos aleatoriamente en 2 grupos y preparados con ProTaper Next o HyFlex EDM. La transportación del conducto radicular y la relación de centrado se evalúan en direcciones mesiodistal y bucolingual a 5 niveles (en el punto medio de los tercios apical, medio y coronal y en los límites entre ellos). Se miden las variaciones en el volumen, la superficie y la forma de la sección transversal para los tercios apical, medio y coronal.

Venino Pier et al. registran diferencias estadísticamente significativas sólo para el transporte del conducto bucolingual y la relación de centrado en la sección entre los tercios medio y coronal, donde el sistema rotatorio HyFlex EDM es superior. Concluyen que en general la preparación de ambos sistemas rotatorios respetan la forma del conducto y que ambos sistemas preparan el conducto de una forma segura. Sin embargo, en la sección entre el tercio coronal y medio del conducto observa un mejor desempeño del sistema Hyflex EDM en términos de su preparación bucolingual y al radio de centrado.

Farzana Paleker y Peet J.⁽²⁰⁾ hacen un estudio en microCBCT sobre la capacidad de mantener el centrado del conducto y la transportación producida entre limas K, limas rotatorias ProGlider y G-Files. El propósito de este estudio es comparar la capacidad de centrado y el transporte del conducto apical de limas K, ProGlider y G-Files después de la ampliación de la trayectoria del conducto, en conductos curvados mediante el uso de micro tomografía computarizada.

Treinta conductos son asignados aleatoriamente a cada grupo. Los dientes son escaneados antes y después del ensanchado mecánico del conducto para comparar la capacidad de centrado en 3 niveles: 1 mm y 7 mm desde el foramen apical y en el punto de máxima curvatura de la raíz. El transporte se evalúa en 8 direcciones a 1 mm del foramen apical.

Farzana Paleker y Peet J. encuentran que los conductos limados con limas K están significativamente menos centrados que los dos grupos de níquel-titanio en la medición realizada a 1mm del foramen apical. En el punto de mayor curvatura, ProGlider exhibe un ensanchamiento significativamente más centrado que G-Files y limas K, que son significativamente similares. En la medición tomada a 7 milímetros del foramen apical, ProGlider esta significativamente más centrado que las limas K, pero no existe diferencias entre G-Files y limas K o entre ProGlider y G-Files ($P < .016$). Las limas K exhiben mayor transportación de conductos a 1mm del foramen apical en comparación con los grupos de NiTi ($P < .05$). Los autores concluyen que las limas confeccionadas con NiTi producen un menor grado de transporte que limas tipo K. A 1 mm del foramen apical, las limas K se encuentran menos centradas que los dos sistemas NiTi. ProGlider

permanece más centrado tanto en el punto que presenta la mayor curvatura, así como en la medición tomada a 7 mm del foramen apical.

Maung Maung Kyaw Moe et al.⁽²¹⁾ realiza un estudio mediante microtomografía computarizada con el fin de analizar el efecto que tienen los instrumentos con desplazamiento de la masa de rotación sobre la conformación del conducto en primeros molares mandibulares.

Se seleccionan 36 primeros molares mandibulares humanos extraídos con 2 conductos mesiales independientes y 1 conducto D oval y se dividen por igual en 3 grupos para la instrumentación con ProTaper Next, Revo-S y sistemas ProTaper Universal. Para la preparación apical, se usa ProTaper Next X2 (# 25 / 0.06), Revo-S SU (# 25 / 0.06), y ProTaper Universal F2 (# 25 / 0.08) en los conductos mesiales y ProTaper Next X3 (# 30 / 0.07), Revo-S AS30 (# 30 / 0.06), y ProTaper Universal F3 (# 30 / 0.09) son usados para preparar los conductos distales. Las muestras se escanean antes y después de la instrumentación utilizando un escáner SkyScan 1272 (Bruker micro-CT, Konich, Bélgica) con una resolución isotrópica de 10 μ m. Los cambios son evaluados en el área del conducto, el volumen, el índice del modelo estructural y el área intacta del conducto. La transportación del conducto y la relación de centrado se midieron a 1, 3, 5 y 7 mm del foramen apical. Los datos se analizan estadísticamente usando el análisis de varianza de 1 vía con la prueba post hoc de Tukey.

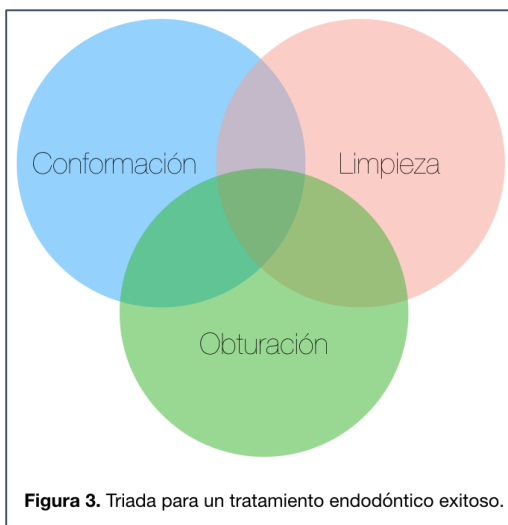
Los sistemas y ProTaper Next y Revo-S muestran significativamente menos transportación y mejor capacidad de centrado en comparación con el sistema de ProTaper Universal a 1 mm del foramen apical. Toda la instrumentación aumenta

el área del conducto, el volumen y los valores del índice del modelo estructural sin diferencias significativas entre los 3 grupos.

Independientemente de las diferencias en el diseño de la sección transversal, el tipo de aleación y la variación del estrechamiento, Maung Maung Kyaw Moe et al. encuentran que los instrumentos con masa de rotación desplazada tienen una mejor capacidad de conformación del conducto radicular en comparación con un instrumento con una masa centrada de rotación.

Marco teórico

La endodoncia como “la parte de la odontología que se ocupa de la morfología, fisiología y patología de la pulpa dental y los tejidos perirradiculares, así como de su correspondiente tratamiento”, conforme lo define Basrani.



Desde hace más de 50 años existe un acuerdo en que la triada del éxito de un tratamiento de conductos consiste en la conformación del conducto, limpiar tridimensionalmente el mismo y su posterior obturación. Es bien aceptado que para obtener el éxito en un tratamiento de

conductos es necesario cumplir de forma adecuada con estos tres pasos ya que, el fallo en cualesquiera de estos pasos, predispone el diente a un fracaso, ya sea en el sellado, o en su desinfección y para lograr estos últimos dos pasos, es fundamental haber cumplido de manera adecuada con el primer paso, el correcto conformado del conducto.⁽²²⁾

La conformación adecuada del conducto es el primer paso para establecer una vía de acceso a irrigantes, agrandando la preparación del sistema de conductos radiculares propiciando la desinfección adecuada del conducto, permitiendo la creación de un espacio limpio para que el sistema de conductos sea rellenado tridimensionalmente. Para lograr este paso fundamental el profesional de la salud hace uso de instrumentos de endodoncia fabricados a partir de un vástago metálico recto y rígido. Dentro de las propiedades que presentan los metales con que se fabrican los instrumentos endodónticos, se

encuentra la memoria de forma que representa la tendencia que tiene el instrumento al ser deformado, de tratar de volver a su forma 'recta' original. Por otro lado, los conductos suelen presentar cierta curvatura, en ciertos casos mayor que en otros. La combinación de estos dos factores produce que el instrumento al entrar en un conducto curvo, trate de volver a su forma original dentro del conducto, modificando la forma original del conducto, haciéndolo menos curvo, si esta transportación continúa, puede provocar la formación de escalones e incluso perforaciones.

Transportación del conducto

La mecánica de la preparación de un conducto radicular curvo sigue siendo un desafío incluso para médicos muy hábiles y experimentados. Diferentes errores de preparación pueden resultar durante la conformación de estos conductos radiculares curvos, como:⁽²³⁾

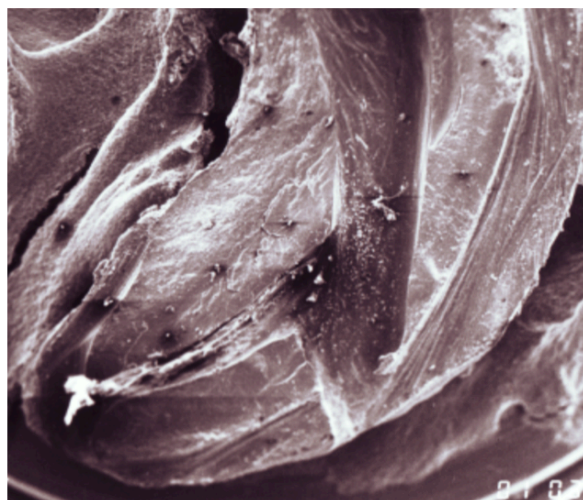


Figura 4. Debido a transportación del conducto el tercio apical se deja sin ser preparado conteniendo tejido remanente. Imagen de Hülsmann M, Schäfer E. *Problema in der Endodontie*. Berlin: Quintessenz, 2007.

- **Daño al foramen apical:** Representa la desviación de la curvatura original del conducto o el desplazamiento del eje largo original del mismo que puede resultar en perder la constricción apical ocasionando extrusión de escombros, irrigantes o material de relleno y una irritación de los tejidos periapicales.
- **Formación de un cierre (Zip):** Un conducto transportado con su sobrepreparación a lo largo del aspecto externo de la curvatura, adopta una

forma elíptica en apical o una forma de reloj de arena, influyendo de forma negativa en su sellado(**Figura 5**).

- **Formación de un codo:** Se da por la eliminación excesiva de material a lo largo de la pared externa en apical y la pared interna coronalmente, se localiza generalmente en el punto de máxima curvatura. Obtenemos un estrechamiento y flujo insuficientes pudiendo poner en riesgo la limpieza y obturación adecuadas de la porción apical del conducto radicular(**Figura 5**).
- **Perforación:** Puede ser resultado del movimiento de atornillado y el filo de la punta de trabajo de algunos instrumentos. Representa una comunicación entre el espacio del conducto radicular y la superficie de la raíz externa, provocando la irritación de los tejidos perirradiculares, y predisponiendo el diente a una posible fractura.
- **Perforación en banda:** Los errores anteriormente mencionados ocurren en la porción apical de la raíz, mientras que la perforación en banda ocurre sobre el tercio medio o coronal a lo largo del lado interno de la curvatura por una preparación excesiva. Este tipo de perforación pone en comunicación el sistema de conductos radiculares y el ligamento periodontal. Se da principalmente en las raíces mesiales de los molares mandibulares en el aspecto furcal, que por lo tanto se denomina la "zona de peligro"(**Figura 6**).

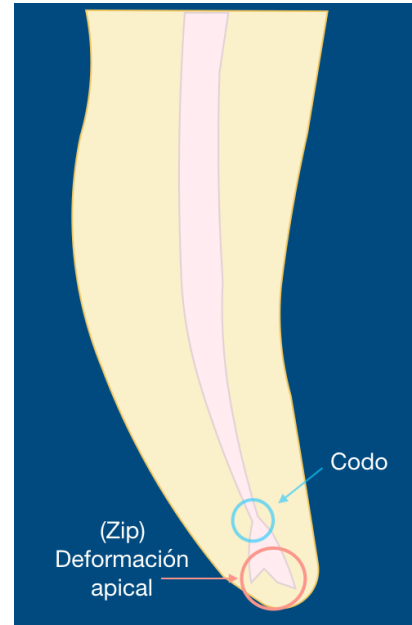
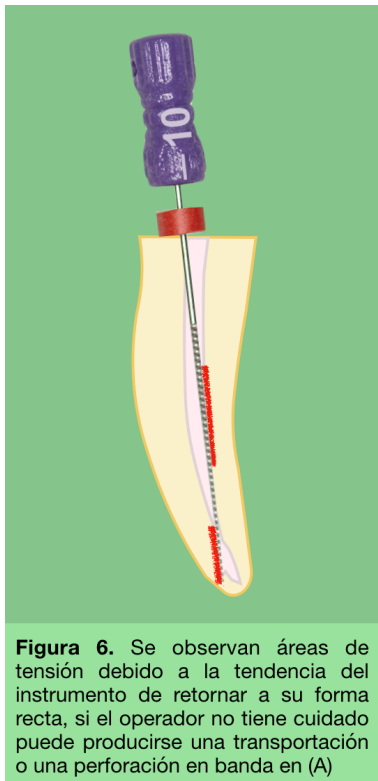


Figura 5. Se observa un conducto mas instrumentado con aparición de un codo y deformación apical o Zip



- **Escalón:** Encontrados al inicio o exterior de la curvatura en forma de una plataforma desviando la trayectoria original del conducto y dificultando o imposibilitando el alcanzar la longitud de trabajo.

Edgar Schafer y Till Dammaschke⁽²³⁾ enumeran los riesgos a tener en cuenta al momento de preparar el conducto para evitar los accidentes antes mencionados.

1. Una cavidad de acceso deficiente.
2. La aleación del instrumento y la forma (cuadrada, triangular trapezoidal, en forma de 'S', entre otros).
3. Uso de instrumentos con guía de penetración afilada.
4. Uso de instrumentos más rígidos por el aumento del tamaño (superiores a #20) en conductos curvos.
5. Técnica de instrumentación utilizada.
6. Irrigación insuficiente durante el ensanchado mecánico del conducto.
7. Factores propios del operador (por ejemplo experiencia).
8. El grado de curvatura del conducto.
9. Curvaturas buco-linguales o buco-palatinas que no aparecen en la radiografía.

Aleación NiTi

Con el fin de disminuir los errores y evitar transportar el conducto, surgen diferentes ideas, modificando la forma del instrumento para disminuir su masa metálica, modificar la aleación de la cual están hechos, incorporando el uso del Níquel-Titanio o incluso modificar la forma en que el instrumento funciona de rotación continua a reciprocante entre otros.

La aleación NiTi es descubierta por Buehler & Wang en 1963 con la finalidad de encontrar una aleación no magnética y resistente a la corrosión del agua y la sal para uso naval.

La adopción de la aleación de NiTi en odontología originalmente sucede en 1971 por George F. Andreasen usando alambres ortodónticos, los cuales presentan mayor resistencia a la fatiga y no es sino hasta 1988 que Walia y cols. describen por primera vez su uso en endodoncia. Usando alambres ortodónticos de NiTi, fabrican limas manuales y sus hallazgos muestran que la aleación de NiTi es 2-3 veces más flexible y resistente cuando es comparada con instrumentos similares de acero inoxidable. Las aleaciones de Nitinol consisten aproximadamente en 55% níquel y 45% titanio,⁽¹⁵⁾ es llamada una aleación equiatómica que es un avance significativo en la fabricación de instrumentos endodónticos. Al níquel-titanio (NiTi) se le llama un metal exótico porque no se ajusta a las reglas típicas de la metalurgia. La aleación de NiTi tiene características especiales de superelasticidad y memoria de forma. Sus características y por ende su comportamiento está determinado por la proporción y las características de sus fases micro estructurales.⁽²⁴⁾

La superelasticidad está asociada con la aparición de una fase transformación de la aleación por la aplicación de la tensión por encima de un nivel crítico, que tiene lugar cuando la temperatura ambiente está por encima de la denominada temperatura de acabado austenítico del material. Esta transformación martensítica inducida por el estrés se revierte espontáneamente al liberar el estrés; el material vuelve a su forma y tamaño originales.⁽¹⁵⁾ La razón por la cual el Nitinol puede ser usado tan confiablemente radica en su estructura interna. Las aleaciones de NiTi muestran dos fases criptográficas: la fase de austenita a altas temperaturas y la fase de martensita a temperaturas algo más bajas. En la fase de martensita, el nitinol se puede doblar en estructuras complicadas sin esfuerzo. Sin más influencias externas, la lima de NiTi con efecto de "memoria controlada" al ser doblada permanece en esta posición a temperatura ambiente (**Figura 7**). En la fase de austenita, es decir, a temperaturas más altas, el material puede adoptar su estructura original y las moléculas forman una estructura de red cúbica centrada en la cara. El calor induce la transformación de fase y el instrumento vuelve a su estado original durante la esterilización. Este efecto de rebote controlado incluso se puede demostrar directamente usando un encendedor convencional. Cuando se coloca sobre la llama, el instrumento calentado cambia visiblemente de su forma doblada a la forma clásica de una lima recta en sólo unos segundos.^(15,23)

Basados en las transformaciones que sufre este material se puede concluir que presenta tres fases, una austenita al ser calentado y alcanzar cierta temperatura, es en este momento que el instrumento completa su transformación de memoria de forma y muestra su característica de superelasticidad, recuperando la forma original. Posteriormente cuando el instrumento se enfría llega a la

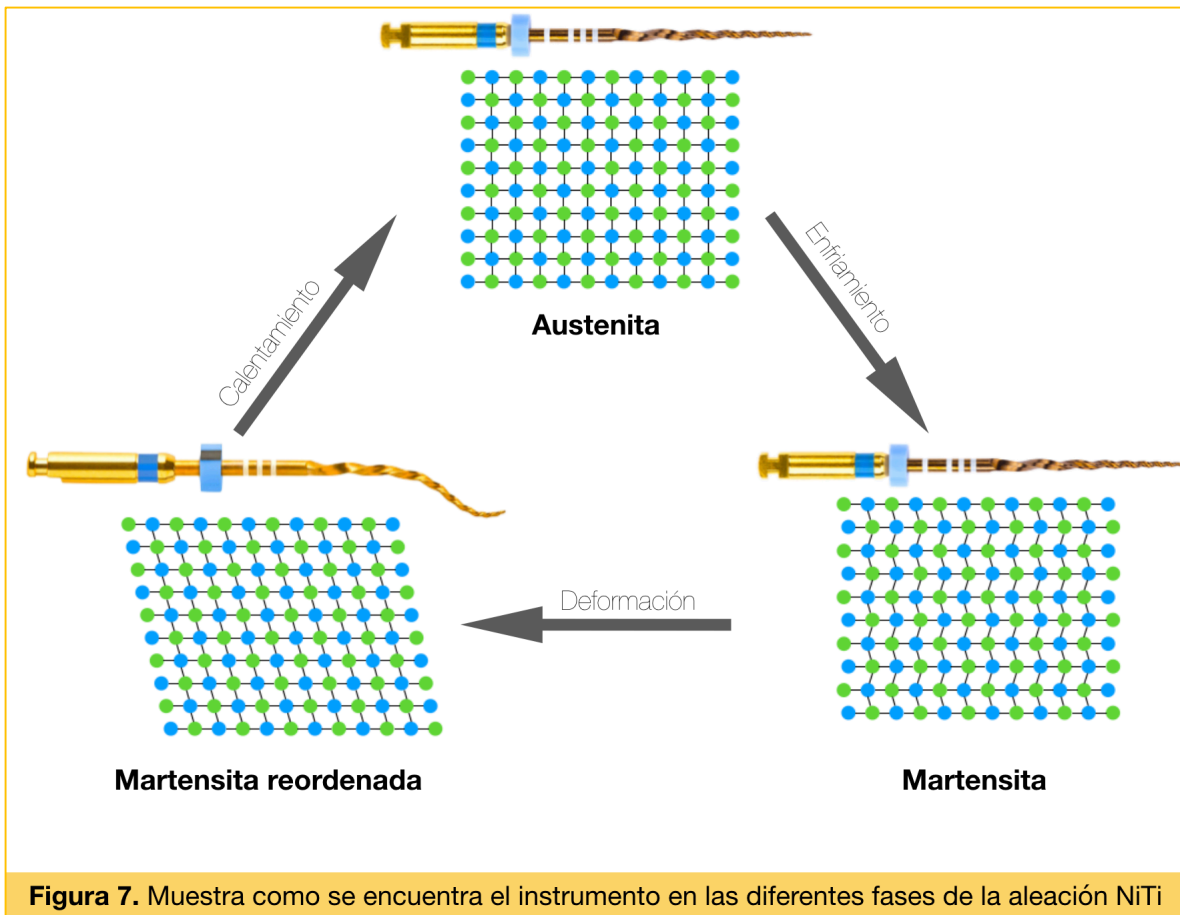


Figura 7. Muestra como se encuentra el instrumento en las diferentes fases de la aleación NiTi

denominada temperatura de inicio de transformación de la martensita, comenzando un cambio de su fase, hasta llegar a la temperatura en que estos cambios concluyen la cual se denomina temperatura final de transformación de la martensita. Durante este cambio, la forma macroscópica de la martensita no sufre ningún cambio, pero sus propiedades físicas dan lugar a la característica de la memoria de forma. Si se le aplica una fuerza externa en este momento, la martensita es deformada con facilidad y se le conoce como martensita reordenada. Para que el instrumento recupere su forma original habrá que llevarlo nuevamente a su fase austenita requiriendo un cambio de aumento de temperatura.

Las temperaturas en que se dan estos cambios influyen directamente en la forma en como se comportara el instrumento.⁽²³⁾

Es por esta característica que las aleaciones de NiTi son de primer elección al momento de confeccionar instrumentos rotatorios. La superelasticidad brinda una menor tendencia del instrumento a recuperar su forma original dentro del conducto (**Figura6**) disminuyendo errores que pueden dañar el foramen apical, formar cierres, codos, escalones o causar perforaciones al momento de preparar los conductos.

Esta transformación termoelástica reversible martensítica es la razón principal de mayor flexibilidad de los instrumentos NiTi sobre los tradicionales de acero inoxidable, lo que facilita la instrumentación de conductos radiculares curvos. A pesar de su creciente popularidad, una preocupación con el uso de instrumentos rotatorios NiTi es la posibilidad de una separación inesperada durante el uso.^(14,24)

Existen dos mecanismos que pueden conducir a la separación de un instrumento rotatorio de NiTi:⁽²⁵⁾

- Fatiga cíclica: Es causada por la tensión y compresión continua que se produce sobre el instrumento al girar en el área de máxima curvatura, siendo una de las principales causas de la separación de instrumentos.
- Sobrecarga torsional: Ocurre cuando la punta del instrumento se atora en el conducto y deja de girar, mientras que el mango continúa girando, en consecuencia, el torque excede el límite elástico del metal y ocurre una separación del instrumento.

Ya que el operador, la anatomía del conducto radicular y las propiedades del instrumento influyen en riesgo de separación, aumentar la resistencia a la separación es el principal objetivo de los fabricantes en el desarrollo de los últimos instrumentos rotatorios NiTi, con el objetivo de mejorar la seguridad a través de procesos de diseño y fabricación innovadores. Tratamiento térmico de aleaciones de NiTi, como M-Wire (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK), cable de fase R (SybronEndo, Orange, CA), y alambre de memoria controlada (CM Wire; DS Dental, Johnson City, TN), es utilizado para optimizar las propiedades mecánicas de las limas. El procesamiento termomecánico es un método utilizado con frecuencia para optimizar la microestructura y el comportamiento de transformación de las aleaciones NiTi, que a su vez tienen una gran influencia en la fiabilidad y las propiedades mecánicas de limas fabricadas con NiTi.

El uso de instrumentos fabricados a partir de níquel titanio ha resultado en instrumentos que ejercen fuerzas mucho más bajas en las paredes del conducto radicular en comparación con los instrumentos de acero inoxidable⁽²³⁾, propiciando un trabajo biomecánico que se ajuste a la forma del conducto radicular reduciendo la transportación.

Numerosos estudios demuestran la capacidad de limas rotatorias de NiTi para conformar los conductos y permanecer centrados durante la preparación del mismo por sus excelentes propiedades de memoria de forma y superelasticidad. La superelasticidad de los instrumentos rotatorios de NiTi ha sido estudiada y a ella se le adjudica que el instrumento sea capaz de negociar un conducto curvo sin alterar la morfología original del conducto.⁽²⁶⁾

En un intento de superar la tendencia que presentan los instrumentos de NiTi a provocar transportación del conducto las limas Hyflex CM (Coltene/Whaladent, Inc, Cuyahoga Falls, OH) se introducen en 2011. Este sistema es desarrollado en un esfuerzo por aumentar la eficiencia y flexibilidad de limas rotatorias de NiTi, superando las propiedades mecánicas de una lima NiTi normal.

Las limas Hyflex CM tienen un menor porcentaje de peso de níquel (52 Ni%) en comparación con otras limas de uso común (54.5-57 Ni%). Al ser disminuido el contenido de níquel, la aleación resultante es un metal más suave, con menor dureza. Un metal con una suavidad mayor se traduce en menor agresividad al cortar dentina y mantener la centralidad durante la preparación mecánica. Al proceso de

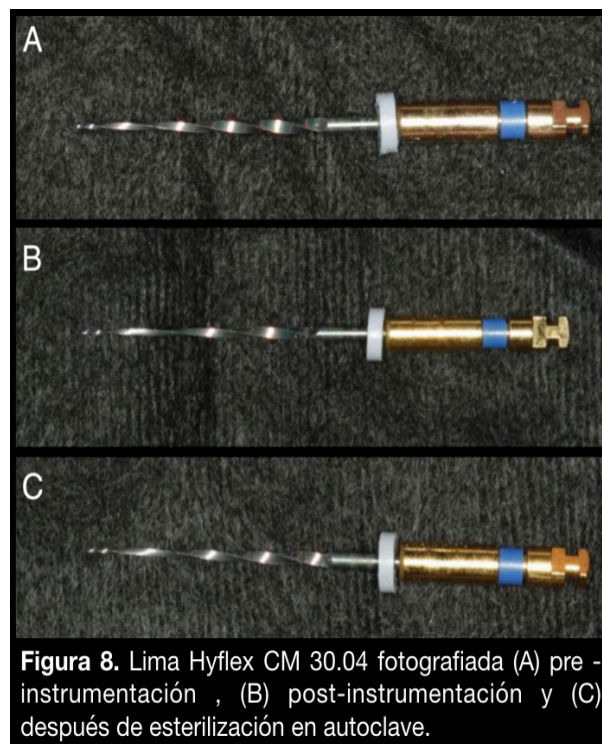


Figura 8. Lima Hyflex CM 30.04 fotografiada (A) pre - instrumentación , (B) post-instrumentación y (C) después de esterilización en autoclave.

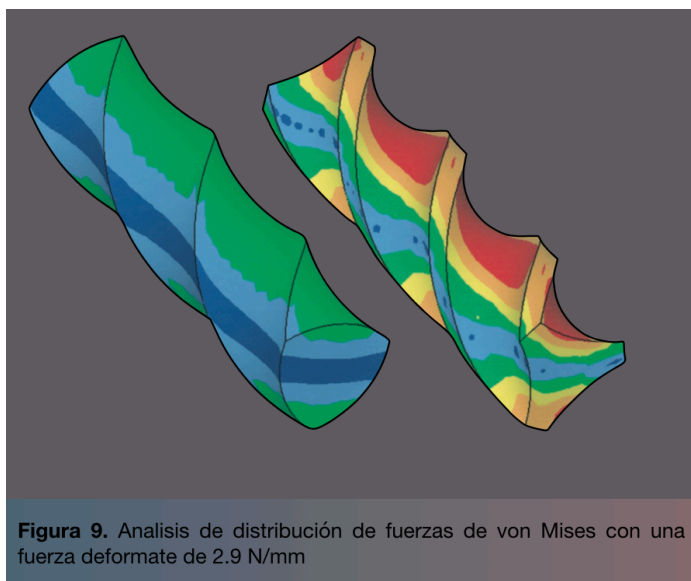
fabricación también se añadieron cambios térmicos produciendo un sistema más martensítico, la cual es la forma más flexible.⁽²⁷⁾ Como resultado del tratamiento térmico se obtiene un instrumento con mayor elasticidad y resistencia a la fatiga cíclica. Otro beneficio comercializado por Hyflex CM es la capacidad del metal para recuperar su forma original después del tratamiento en autoclave (**Figura 8**). Después de que un instrumento es sometido a trabajo mecánico dentro de un

conducto curvo, es común encontrar partes desenrolladas o deformadas, generalmente producen que el instrumento sea descartado con el fin de evitar la separación de dichas limas rotatorias dentro del conducto. En el caso del sistema rotatorio Hyflex CM, el fabricante afirma que posterior a la deformación o desenrollado sufrido, este instrumento puede retornar a su forma original mediante el calor producido en el proceso de esterilizado en autoclave.^(26,27)

Diseño del instrumento

Por otro lado, numerosos estudios también demuestran que la rigidez y la flexibilidad de las limas endodónticas dependen en gran medida de su diseño geométrico, incluidos el estrechamiento, el ángulo de la hélice, la forma de la sección transversal, el tamaño de la punta y la longitud, entre otros.

El rendimiento mecánico de instrumentos rotatorios en endodoncia se puede evaluar válidamente mediante dos métodos: a) a través de pruebas de



laboratorio y b) simulación numérica. Este último método representa ventajas en cuanto al costo y si se desea prever el comportamiento de un instrumento de forma hipotética. Por este motivo con mayor frecuencia en la última década

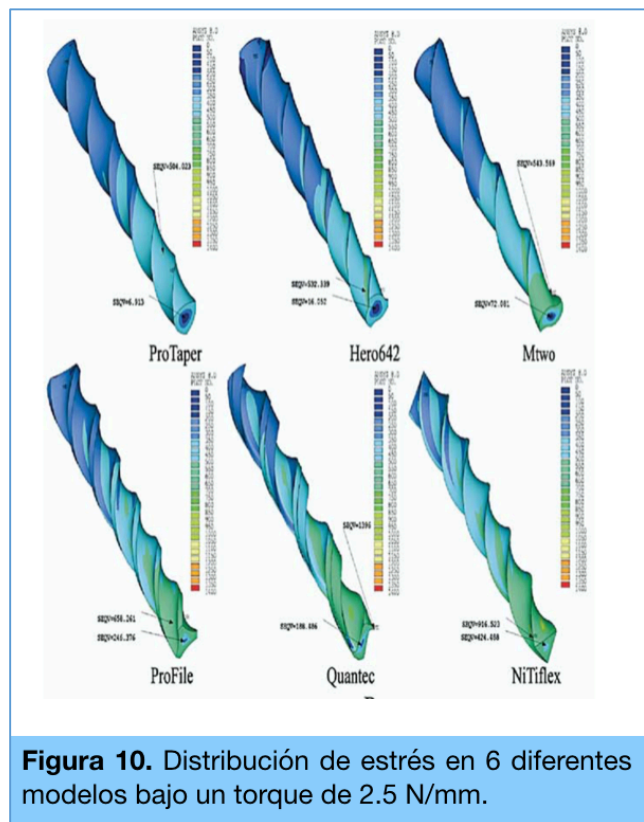
la simulación numérica se emplea para predecir el comportamiento mecánico.⁽²⁸⁾

Beritti et al.⁽²⁹⁾ calculan la tensión en dos limas cuando pasan por procesos de flexión y de torsión. Se toma en cuenta las propiedades geométricas de dos sistemas rotatorios y el comportamiento mecánico a través de los dos modelos determinados por método de elementos finitos. Se observa que la forma de la sección transversal tiene una marcada influencia en el perfil de tensión (**Figura 9 y 10**).

Xu et al.⁽³⁰⁾ en su estudio examinan la influencia del perfil transversal en el comportamiento de torsión y flexión de limas de NiTi y encuentran que el pico de esfuerzo de torsión disminuye al aumentar el diámetro del núcleo interno (**Figura 10**).

La función de conicidad agrega más material al instrumento y crea un cuerpo de lima más rígido, lo que afecta el comportamiento de flexión y torsión de la lima. Un aumento en la conicidad da como resultado un aumento en la rigidez torsional pero una disminución en la flexibilidad.

La conicidad también tiene un gran impacto en el perfil de estrés.⁽²⁸⁾ La característica de conicidad hace que el mango sea más rígido que la punta y dirige



las tensiones más altas a la punta del instrumento. Además, un aumento en la conicidad agrega más material al cuerpo en general, lo que lleva a un aumento de la rigidez y una disminución del estrés. Con una carga inferior a 0.7 N/mm, la tensión máxima en flexión y torsión disminuye un 19% y un 10%, respectivamente, a medida que la conicidad aumenta de cero a 0.06.

Rui He y Jun Ni⁽²⁸⁾ en su estudio, tomando en cuenta el ángulo helicoidal, conicidad y la longitud de la espiral. Evalúan cuantitativamente el desempeño del diseño de la lima endodóntica V-Taper 2H mediante simulaciones numéricas. Observaron una mejora de su rigidez torsional y la ductilidad ante la flexión obtenidas gracias a la optimización de su geometría. Se estima además el límite elástico de la guía de penetración de la lima V-Taper 2H en cuanto a su flexión y torsión.

El presente trabajo compara el desempeño de dos instrumentos rotatorios de NiTi, uno es modificado recibiendo un tratamiento térmico y cambiando su proporción de níquel-titanio pero manteniendo su conicidad continua y el otro es modificado con el mismo tratamiento térmico, proporción de níquel-titanio más una mejora en el diseño optimizando su geometría y dándole variación en su conicidad.

Hipótesis

Hipótesis nula

No existe diferencia significativa entre la centralidad de los conductos preparados con limas rotatorias V-Taper 2H y limas rotatorias Hyflex CM.

Hipótesis alterna 1

Las limas rotatorias V-Taper 2H produjeron menor transportación que las limas rotatorias Hyflex CM.

Hipótesis alterna 2

Las limas rotatorias Hyflex CM produjeron menor transportación que las limas rotatorias V-Taper 2H.

Objetivos

Determinar el centrado del conducto tras la preparación con sistemas Hyflex CM y V-Taper 2H en raíces M y D de modelos de molares maxilares.

Variables

Dependiente

Limas V-Taper 2H de SSWhithe.

Limas Hyflex CM de Coltene.

Independiente

Centrado del conducto.

Operación de Variables

Según el Glosario de Términos de endodoncia de la Asociación Americana de Endodoncia, el transporte del conducto radicular se define como: “Eliminación de la estructura de la pared del conducto en la curva exterior en la mitad apical del conducto debido a la tendencia de las limas a restablecerse a su forma lineal original durante la preparación del conducto; puede conducir a la formación de rebordes(escalones) y posible perforación.”^(23,31)

Universo de estudio

Conductos M y D de modelos de dientes molares maxilares Truetooth.

Criterios de inclusión

Todos los conductos M y D de modelos de dientes maxilares Truetooth maxillary molar réplica 3-001.

Criterios de exclusión

Todos los modelos Truetooth maxillary molar que no fuesen la réplica 3-001.

Criterios de eliminación

Conductos de modelos dentales en que se haya separado algún instrumento.

Materiales

30 Modelos dentales Truetooth (Dental Engineering Laboratories, Santa Barbara, CA, EE.UU.)

5 Limas manuales K #10, 15, 20 (Dentsply Maillefer, Tulsa, OK, EE.UU)

15 Limas rotatorias Hyflex CM #25.04 (Coltene/Whaladent, Inc, Cuyahoga Falls, OH, EE.UU.)

15 Limas rotatorias V-Taper 2H #25.06 (SS White Dental, Lakewood, NJ, EE.UU.)

1 Motor para endodoncia X-Smart Plus (Dentsply Maillefer, Tulsa, OK, EE.UU)

Masilla y Activador de Speedex (Coltene/Whaladent, Inc, Cuyahoga Falls, OH EE.UU.)

Fresa bola #4 de carburo (Mani, Kiyohara industrial park, Utsunomiya, Tochigi, Japón)

Fresa Endo-Z (Dentsply Maillefer, Tulsa, OK, EE.UU.)

Alcohol isopropílico

Jeringa hipodérmica

Aguja para irrigar

Gasas

Charola de plástico

Campos desechables

Pieza de alta velocidad

Tomógrafo Computarizado PAX- Duo 3D de VATECH System Co. Ltd

Cámara fotográfica

Exacto

Block de notas

Pluma

Plumón

Regla milimétrica

Metodología

Se utilizaron 30 modelos de molares maxilares realizados en acrílico transparente a escala real 1 a 1 (Truetooth maxillary molar replica 3-001, de Dental Engineering Laboratories, Santa Barbara, CA) en el cual la cámara pulpar presenta una calcificación moderada. El estudio se realizó sobre estos modelos para estandarizar la anatomía a tratar por ambos sistemas rotatorios. Un modelo fue escaneado antes de realizarse la instrumentación y posterior a la instrumentación todos los modelos fueron escaneados nuevamente utilizando Tomógrafo Computarizado PAX- Duo 3D de VATECH System Co. Ltd. Posteriormente se comparó el corte del primer, tercer y quinto milímetro en una imagen axial. Se realizó una tabla en la que se colocaron las medidas obtenidas posterior a la preparación y se procedió a comparar.

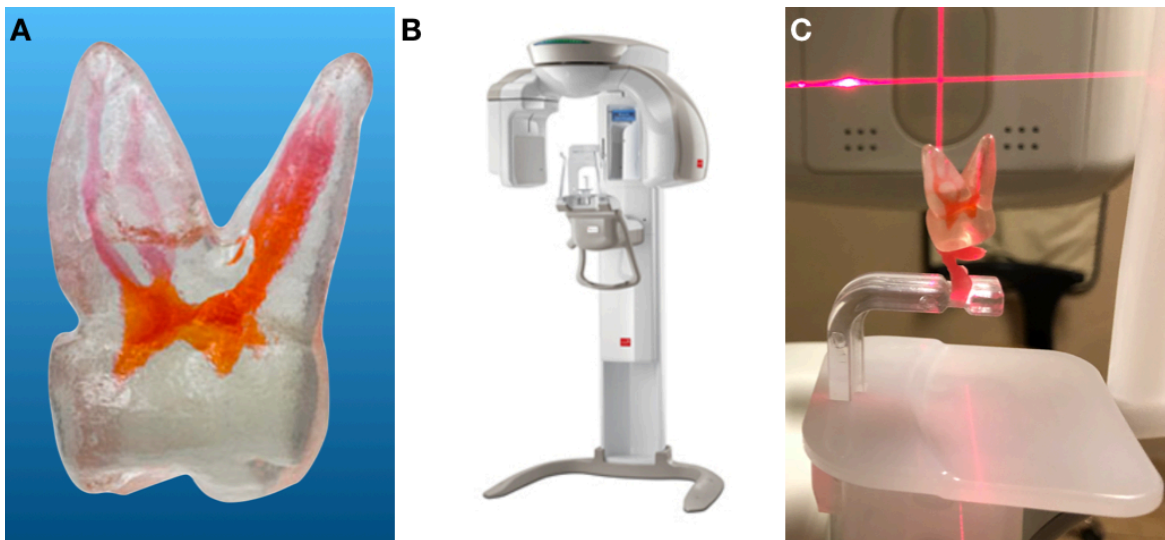


Figura 11: (A) Truetooth 3-001, (B) Tomógrafo Computarizado PAX- Duo 3D de VATECH System Co. Ltd. y (C) obtención de imagen de un diente sin instrumentar.

Preparación para la instrumentación

Para ambos sistemas rotatorios se realizó la apertura con fresa bola número 4 de carburo, conformando posteriormente la cavidad utilizando fresa Endo-Z (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), se lavó la cavidad con alcohol isopropílico al 70%. La conductimetría se realizó accediendo a los conductos M y D utilizando una lima K #10 y se estableció la longitud de trabajo a 1 mm antes del ápice. Posteriormente se instrumentó con limas K #15 y 20, se utilizó alcohol para lavar y lubricar entre lima y lima. Al finalizar la instrumentación manual, los modelos dentales fueron lavados con alcohol y se secaron, posteriormente se separaron en dos grupos de 15 dientes cada grupo para su siguiente instrumentación con limas rotatorias. Para la instrumentación rotatoria se utilizó el motor endodóntico X-Smart Plus.



Figura 12. (A) Vista oclusal de cámara pulpar en Truetooth, y (B) se observa la cavidad de acceso en vista mesial, (C) fresas bola #4 y Endo-Z (D) Área preparada para el trabajo mecánico.

Grupo V-Taper 2H

Para la instrumentación con limas rotatorias de conicidad variable (V-Taper 2H) se utilizaron los ajustes recomendados por el fabricante 250 rpm y 4.5 newton. Los conductos M y D de cada uno de los dientes de esta muestra fueron instrumentados con una lima 25(V06) nueva. La instrumentación fue realizada por



Figura 13. Modelo dental preparado a longitud de trabajo

el mismo operador. Cada lima rotatoria se usó de 5 a 10 segundos dentro del conducto. Posteriormente los dientes fueron separados en dos grupos uno de 7 dientes y otro de 8 dientes para ser montados en masilla Speedex

a la cual se le dio forma de arcada (**Figura 14**) para facilitar la obtención de imágenes mediante el CBCT. Una vez vulcanizado el material se realiza un CBCT



Figura 14. (A) Modelos dentales montados en masilla sobre un molde para moldearlo con forma de arcada para facilitar la obtención de imágenes. (B) Arcada montada sobre CBCT

para obtener imágenes de cada arcada.

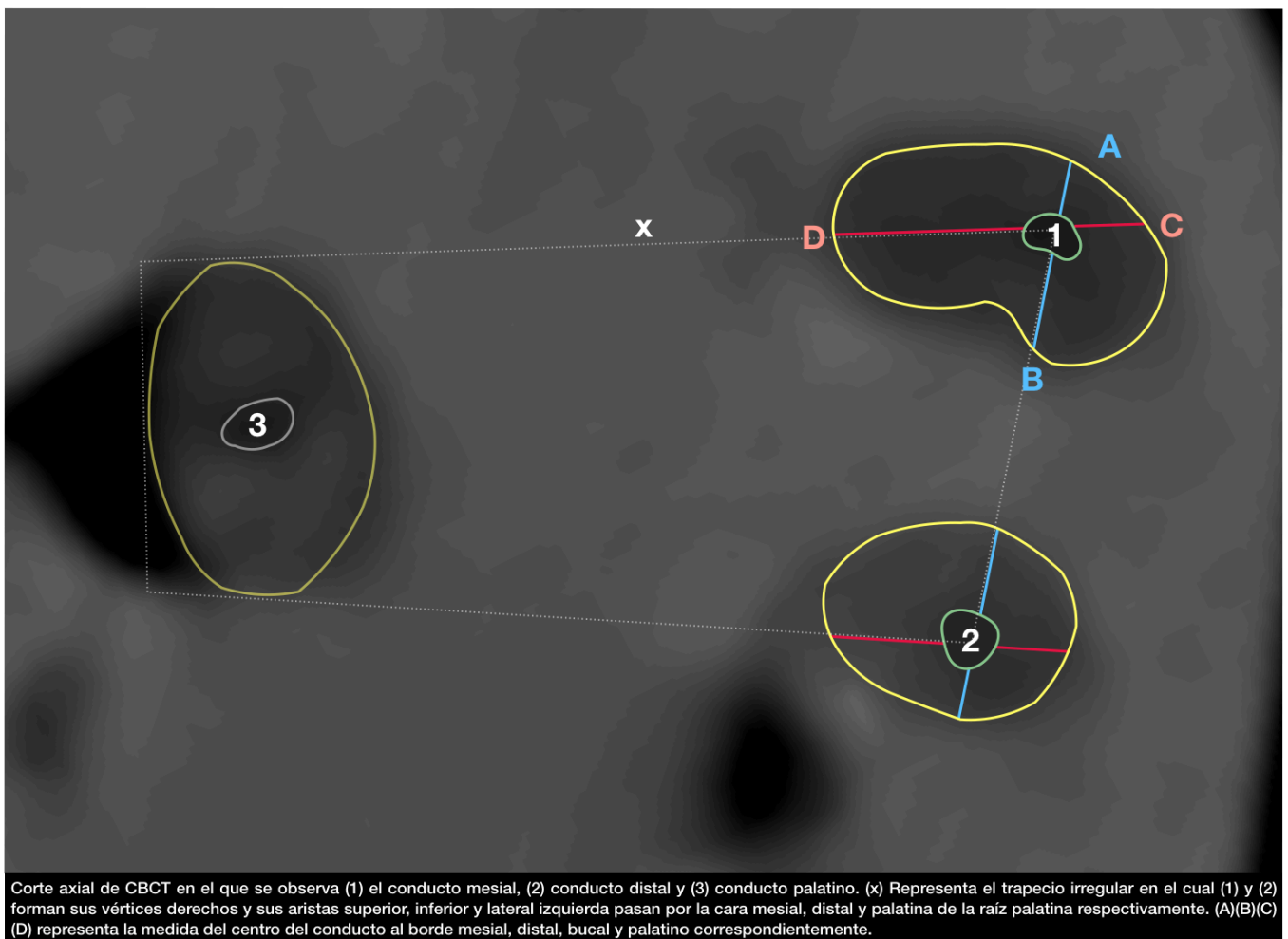
Grupo Hyflex CM

Las limas de conicidad continua y con tratamiento térmico Hyflex CM fueron utilizadas de acuerdo a las recomendaciones del fabricante a 500 rpm y 2.5

newton. Se usó una lima rotatoria 25.04 nueva para preparar los conductos M y D, en cada uno de los 15 modelos. La instrumentación se realizó por el mismo operador. Cada lima rotatoria se usó de 5 a 10 segundos dentro del conducto. Los modelos dentales son entonces divididos en dos grupos y montados en una arcada de masilla Speedex cada grupo y se obtienen imágenes mediante CBCT de ambas arcadas.

Las imágenes obtenidas fueron observadas mediante el software EZ3D Plus. Para estandarizar el procesamiento de las imágenes se observó diente por diente y se procedió a acomodar el eje axial para que pasara por el ápice de las raíces M, D y palatina en un sólo momento, posteriormente el eje sagital se ajustó para que bisecara el centro del conducto M y D al mismo tiempo. Una vez acomodada la imagen, se realizó una medición desde el ápice a 1, 3 y 5 milímetros y luego se continuó ajustando el contraste de la imagen para mejorar la visualización de los conductos a medir, además de utilizar la herramienta de invertir el color para facilitar su ubicación. Por último, se realizó un mapeo del conducto de coronal a apical para confirmar la posición del conducto. Este proceso se repitió en cada una de las muestras previas a su medición para disminuir al máximo cualquier desviación de los datos recabados.

Para estandarizar la dirección en que las medidas fueron recabadas a 3 milímetros del ápice se dibujó en la vista axial, un trapecio irregular en el cual sus dos vértices derechos fueron establecidos en el conducto M y el conducto D mientras que su arista superior, inferior y lateral izquierda pasan por la parte externa de la cara M, D y palatina de la raíz palatina respectivamente. Así se aseguró la estandarización de las mediciones en cuanto a dirección, de ese modo se realizaron las mediciones de todos los dientes.



Corte axial de CBCT en el que se observa (1) el conducto mesial, (2) conducto distal y (3) conducto palatino. (x) Representa el trapecio irregular en el cual (1) y (2) forman sus vértices derechos y sus aristas superior, inferior y lateral izquierda pasan por la cara mesial, distal y palatina de la raíz palatina respectivamente. (A)(B)(C) (D) representa la medida del centro del conducto al borde mesial, distal, bucal y palatino correspondientemente.

Las medidas fueron realizadas mediante un método modificado al usado por Gambill et al.⁽¹⁶⁾ en 1996 descrito a continuación:

- A. Representa la distancia más corta desde el exterior de la raíz curva a la periferia del conducto no instrumentado.
- B. Representa la distancia más corta desde el interior de la raíz curva a la periferia del conducto no instrumentado.
- a. Representa la distancia más corta desde el exterior de la raíz curva a la periferia del conducto instrumentado.
- b. Representa la distancia más corta desde el interior de la raíz curva a la periferia del conducto instrumentado.

La modificación del método de Gambill corresponde a la creación del trapecio irregular que sirvió como plantilla para mantener la misma dirección al

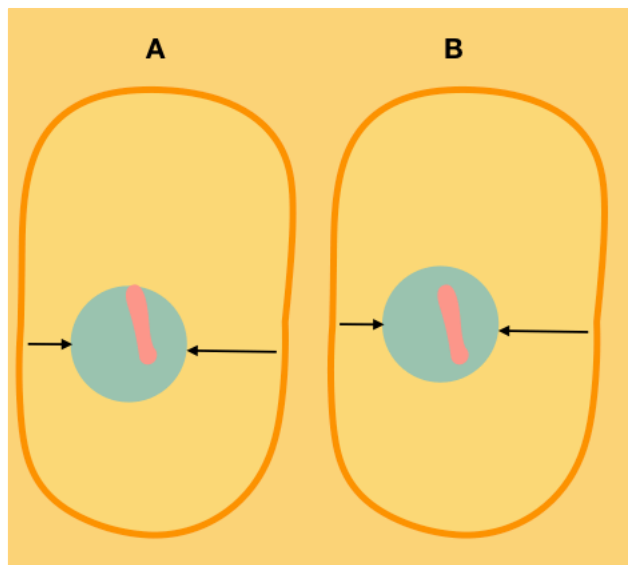


Figura 16. Ejemplo de transporte o su severidad pudiese pasar desapercibida si no se establece un punto de referencia para recabar las mediciones. En ambos ejemplos existe transporte pero debido a la falta de un punto de referencia fijo, la severidad de esta pasa desapercibida al medir distancias, en el caso de la figura (A).

momento de recabar mediciones ya que se observó la necesidad de estandarizar la dirección y los puntos a medir. Gambill et al. toman como base la distancia más corta entre la periferia del conducto y un punto en la parte externa u interna de la raíz. Se observó que en el método de Gambill pudiese existir transporte, pero si la referencia que está dada por la distancia más corta

hacia el conducto cambia, la transportación o la severidad de esta, pueden pasar inadvertidas, por eso se opta por estandarizar la dirección en que se toma la medición, en especial porque se busca estudiar la centralidad del conducto.

Se sigue la fórmula de Gambill et al. para establecer la transportación:

$$[(A - a) - (B - b)]$$

Un resultado de 0 de la fórmula indica que no hay transportación del conducto.

Resultados

Sistema V-Taper 2H

Muestra	CONDUCTO M 1mm				CONDUCTO D 1mm				CONDUCTO M 3mm				CONDUCTO D 3mm				CONDUCTO M 5mm				CONDUCTO D 5mm			
	M	D	V	L	M	D	V	L	M	D	V	L	M	D	V	L	M	D	V	L	M	D	V	L
	1.2	0.9	1.4	1.2	0.8	0.7	1.2	1.3	1.2	1.4	1	3	1.1	1.1	1.9	1.8	1.2	1.8	1.6	4.3	1.3	1.3	2	2.4
1	1.1	0.8	1.1	1.6	0.9	0.8	1.4	1.1	1	1	1.1	2.4	1.1	0.7	1.5	1.5	1	1	1.4	3.2	1.2	0.7	1.5	1.8
2	1.1	1	1.1	1.3	1	0.7	1	1.2	1.1	1.1	1.2	2.5	1.1	1	1.4	1.5	1.1	1.1	1.4	3.2	1.1	1	1.4	2
3	0.9	1	1.1	1.3	1	0.7	0.9	1	1	0.9	1.1	2.4	0.9	0.8	1.3	1.6	1	0.9	1	3.5	1.1	1	1.5	1.7
4	1.1	0.8	0.9	1.2	1	0.6	1	1.2	0.8	1.1	1.1	2.5	1	0.7	1	1.8	0.8	1.2	1.6	3.1	1.2	0.8	1.6	1.8
5	1.1	1.2	1.3	1.6	1	0.7	0.9	1	1	1.3	1.3	2.6	1	0.7	1.5	1.2	0.9	1.3	1.8	3.2	1.1	0.8	1.5	1.6
6	1.2	0.7	1.1	1.2	0.9	0.8	1	0.9	1	1	1	2.6	1	0.8	1.2	1.5	1.1	1.1	1.3	3.3	1.1	0.9	1.4	1.8
7	1.1	0.7	0.9	2.1	1	0.7	1	1.4	1.1	0.9	1.4	2.4	1	1.1	1.4	1.5	1.1	1.3	2.0	2.9	1.2	0.9	1.4	1.6
8	1.1	0.6	1	0.7	1	0.7	1.2	0.8	1.1	0.9	1	2.7	1	0.7	1.4	1.6	1.1	0.9	1.4	3.4	1.2	0.8	1.4	1.9
9	1	0.9	1	1.1	0.8	0.7	1	0.9	0.9	1	1	2.5	0.9	0.7	1.5	1.3	1	1	1.4	3.3	1.2	0.9	1.5	1.8
10	0.9	0.9	0.9	1.5	1	0.7	0.8	1.2	1	1	1	2.5	1.1	0.7	1.1	1.5	1.1	1.1	1.4	3.4	1.2	0.8	1.3	1.8
11	0.8	0.9	1.1	1.2	1	0.7	0.9	1.1	0.8	1.3	1.4	2.5	1.1	0.8	1.1	1.6	0.9	1.2	1.5	3.1	1.2	1	1.5	1.6
12	1	1.2	1	1.8	0.7	0.9	0.9	1.1	1.1	1.1	1	2.6	1.2	0.9	1.2	1.5	1.1	1.1	1.3	3.2	1.3	0.9	1.5	2
13	1.1	0.6	1.4	1.3	1	0.8	1	1	1.2	0.7	1	2.8	1.2	0.9	1	1.6	1.4	0.8	1.3	3.3	1.1	0.7	1.5	1.7
14	1.1	0.8	1.1	1.3	1	0.6	0.9	1	1.2	1	1.4	2.3	1.2	0.6	1.1	1.7	1	1.3	1.4	3.3	1.3	0.6	1.5	1.9
15	1.2	1.1	0.9	1.3	0.8	0.8	1.1	1	1.2	1	1.1	2.5	1.2	0.8	1.3	1.5	1.2	1.1	1.4	3.4	1	1.1	1.6	1.6

Muestra: Modelo dental previo al trabajo mecánico

Conducto M: Conducto mesial

Conducto D: Conducto distal

Los resultados fueron divididos en tres grupos correspondientes a la distancia a la cual fue tomada su medición a 1mm, 3mm o 5mm.

Media de modificación del conducto con sistema V-Taper 2H

Conducto M

- 1mm del ápice: **0.1267 mm**
- 3mm del ápice: **-0.2133 mm**
- 5mm del ápice: **-0.56 mm**

Conducto Distal

- 1mm del ápice: **-0.1133 mm**
- 3mm del ápice: **-0.2733 mm**
- 5mm del ápice: **-0.3067 mm**

Sistema Hyflex CM

Muestra	CONDUCTO M 1				CONDUCTO D 1				CONDUCTO M 3				CONDUCTO D 3				CONDUCTO M 5				CONDUCTO D 5			
	M	D	V	L	M	D	V	L	M	D	V	L	M	D	V	L	M	D	V	L	M	D	V	L
	1.2	0.9	1.4	1.2	0.8	0.7	1.2	1.3	1.2	1.4	1	3	1.1	1.1	1.9	1.8	1.2	1.8	1.6	4.3	1.3	1.3	2	2.4
1	1.2	0.6	0.8	1.2	0.9	0.8	1	0.9	1.1	0.9	1.1	2.4	1.1	0.6	1.4	1.3	0.8	1.3	1.3	3.2	1.1	0.9	1.3	2
2	1.1	0.7	0.9	1.4	1	0.7	0.8	1	1.2	1	1.2	2.3	1.1	0.6	1	1.7	1.1	1.1	1.2	3.4	1.3	0.6	1.6	1.8
3	1	0.8	0.9	1.1	0.8	0.8	0.7	1.1	1.1	0.9	1	2.4	1	0.7	1.3	1.2	1	0.9	1.2	3.4	1	0.9	1.6	1.9
4	1.1	0.9	0.9	1.4	0.9	0.9	1	1	1.1	1	0.9	2.4	1	0.8	1	1.6	1.1	1	1.2	3.4	1.1	1	1.6	1.8
5	0.9	0.9	1.1	1.2	0.8	0.9	0.7	1.2	1	1	1.5	2	1	0.8	1.2	1.5	1.1	1.4	1.2	3.3	0.9	1	1.3	2
6	0.9	0.8	1	1.2	1.1	0.7	0.9	0.9	1.1	1	1.1	2.4	1.1	0.6	0.9	1.6	0.8	1.1	1.2	3.4	1.1	1	1.6	1.7
7	1	0.8	1	1.3	0.9	0.7	0.9	1.1	1	1	0.9	2.6	1	0.7	1.1	1.5	0.9	1	1.1	3.4	1.2	0.9	1.7	1.8
8	0.9	0.7	0.8	1.1	1	0.6	0.9	1	1	1.1	1	2.6	0.9	0.9	1.2	1.5	0.9	1.2	1.1	3.5	0.9	1.1	1.7	1.8
9	1.1	0.7	1.1	1.2	1	0.8	1.1	1	1.1	1.1	1.1	2.2	1	0.8	1.3	1.5	1.1	0.9	1.3	3	0.8	1	1.6	1.5
10	0.9	0.8	1.4	0.9	0.8	0.9	0.8	1.3	1	1	0.9	2.5	1	0.9	1.3	1.4	0.9	1.1	1.1	3.5	1.1	1.1	1.5	2
11	0.7	1.1	0.8	1.2	1	0.7	1.3	0.5	0.7	1.3	1.1	2.2	0.8	0.7	1.2	1.3	0.7	1.2	1.3	3.2	1	1.1	1.6	1.8
12	1	1	1.4	1.2	0.6	0.9	0.9	1.2	1.1	0.9	0.9	2.6	0.7	0.7	1.4	1.6	1.1	1	1.3	3.4	1.1	1	1.8	1.7
13	1	1	1	1.3	1	0.9	1.1	0.9	1.1	1	1.2	2.6	1	1	1.3	1.2	1	1.2	1.5	3.2	1	1	1.5	1.9
14	1.1	1	0.9	1.3	0.8	0.7	1	0.9	1	1.2	1	2.3	0.8	0.9	1.1	1.6	1	1.3	1.6	3	1.1	0.9	1.9	1.8
15	1	1.1	1	1.3	1.1	0.6	0.9	0.8	1	1.1	0.9	2.4	1.1	0.8	1.3	1.5	0.9	1.1	1.4	3.3	1.1	1.1	1.5	1.8

Muestra: Modelo dental previo al trabajo mecánico

Conducto M: Conducto mesial

Conducto D: Conducto distal

Los resultados fueron divididos en tres grupos correspondientes a la distancia a la cual fue tomada su medición a 1mm, 3mm o 5mm.

Media de modificación del conducto con sistema Hyflex CM

Conducto Mesial

- 1mm del ápice: **0.1667 mm**
- 3mm del ápice: **-0.2067 mm**
- 5mm del ápice: **-0.44 mm**

Conducto Distal

- 1mm del ápice: **-0.04 mm**
- 3mm del ápice: **-0.2067 mm**
- 5mm del ápice: **-0.08 mm**

Análisis Estadístico

Se realizó análisis de Tukey donde se obtuvieron las medias de transportación de los resultados obtenidos en las medidas de mesial-distal con los sistemas V-Taper 2H y Hyflex CM.

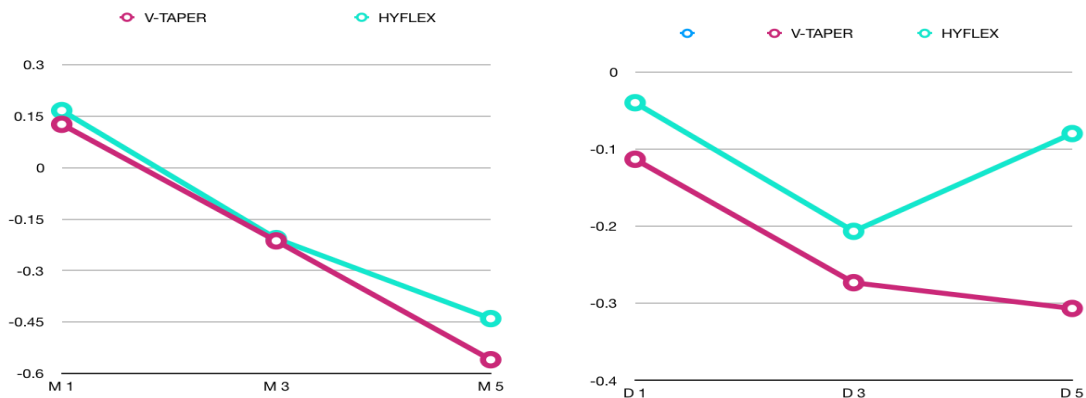
Diferencia de transportación en medidas Mesial-Distal

	M 1	M 3	M 5
V-TAPER	0.1267	-0.2133	-0.56
HYFLEX	0.1667	-0.2067	-0.44
	D 1	D 3	D 5
V-TAPER	-0.1133	-0.2733	-0.3067
HYFLEX	-0.04	-0.2067	-0.08

Se visualizaron las medias para los grupos en lo subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15.000.

Gráficos de las medias



No existe diferencia significativa en la media de transportación del conducto M y el conducto D en las medidas mesio-distales con los instrumentos V-Taper 2H y Hyflex CM.

Diferencia de transportación en medidas Buco-Palatino

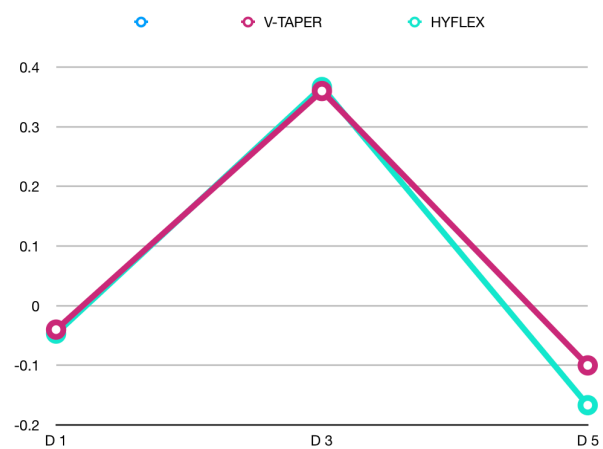
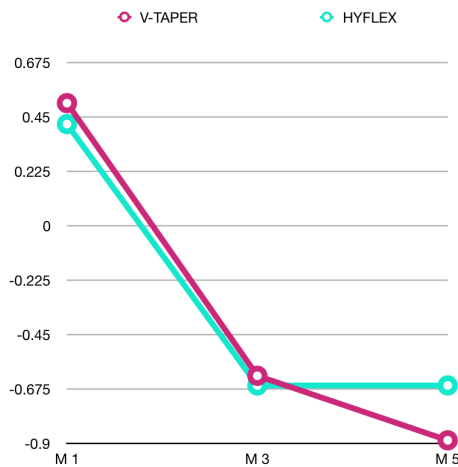
	M 1	M 3	M 5
V-TAPER	0.5067	-0.6200	-0.8867
HYFLEX	0.4200	-0.6600	-0.6600

	D 1	D 3	D 5
V-TAPER	-0.0400	0.3600	-0.1000
HYFLEX	-0.0467	0.3667	-0.1667

Se visualizaron las medias para los grupos en lo subconjuntos homogéneos.

- Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15.000.

Gráficos de las medias



No existe diferencia significativa en la media de transportación del conducto M y el conducto D en las medidas buco-palatinas con los instrumentos V-Taper 2H y Hyflex CM.

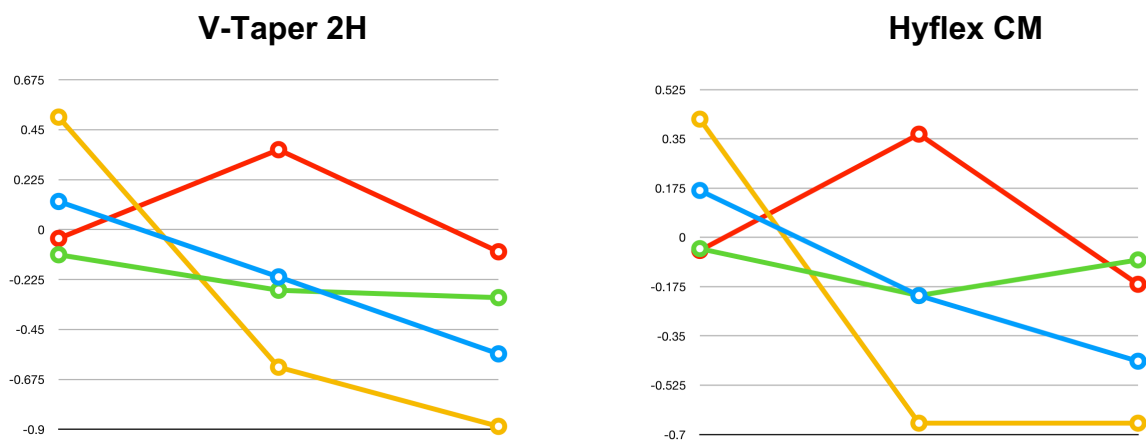
Diferencia de transportación por tercios

Se realizó el análisis de las medias de transportación en cada sistema por separado, tomando en cuenta las medidas en sentido mesio-distal y buco-palatino, en cada uno de los puntos observados (1, 3 y 5 mm).

V-Taper				Hyflex CM			
	1	3	5		1	3	5
M (M-D)	0.1267	-0.2133	-0.56	M (M-D)	0.1667	-0.2067	-0.44
D (M-D)	-0.1133	-0.2733	-0.3067	D (M-D)	-0.04	-0.2067	-0.08
M (B-P)	0.5067	-0.6200	-0.8867	M (V-P)	0.4200	-0.6600	-0.6600
D (B-P)	-0.0400	0.3600	-0.1000	D (V-P)	-0.0467	0.3667	-0.1667

Se visualizaron las medias para los grupos en lo subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15.000.

Gráfica de las medias



Se observa un comportamiento similar en cuanto a la distribución de las medias al momento de comparar la transportación entre ambos sistemas.

Discusión

En el presente estudio se comparan dos sistemas rotatorios mediante CBCT para examinar el desempeño de una lima rotatoria de NiTi la cual es modificada en sus proporciones de NiTi con la que es elaborada además de pasar por un tratamiento térmico obteniendo un instrumento con mayor flexibilidad, mayor resistencia a la fractura, mayor suavidad y con memoria de forma controlada que le permite un mejor desempeño al instrumentar conductos curvos según su fabricante, este sistema rotatorio Hyflex CM se comparó con el sistema rotatorio V-Taper 2H el cual además del proceso térmico y de modificación de sus proporciones NiTi antes mencionados obtiene una mejora en su diseño para optimizar su geometría brindándole una conicidad variable que le permite un comportamiento y desempeño mejorados a comparación de una lima de NiTi común según lo promociona su fabricante.⁽²⁷⁾

Estos dos métodos que utilizan los fabricantes para optimizar las propiedades de V-Taper 2H y Hyflex CM mejorando sus propiedades ante la flexión y la fatiga por torsión. El desempeño en la instrumentación de conductos curvos que son un hallazgo común en la práctica endodóntica se ve mejorado.^(7,26,28,27)

Zupanc, Vahdat-Pajouh y Schäfer⁽²⁷⁾ señala que los instrumentos martensíticos presentan mayor flexibilidad con resistencia mejorada y los establece de primer elección al momento de instrumentar conductos curvos. En el presente estudio se comparan dos instrumentos con el mismo tipo de aleación martensíticas CM-Wire los cuales su comportamiento es el mismo en cuanto a

transportación manteniendo de forma adecuada y segura la anatomía del conducto.

Venino Pier et al.⁽¹⁹⁾ comparan la transportación y radio de centrado de limas Hyflex EDM y Protaper Next mediante tomografía microcomputada. Donde el sistema Hyflex EDM resulta superior en la preparación del tercio medio y coronal, aunque en general ambos sistemas respetaban la forma del conducto y preparaban el mismo de forma segura, coincidiendo con los resultados del presente estudio en que el diseño de los instrumentos comparados no fue determinante en la transportación de un instrumento sobre otro, pero en una comparación de los tercios tratados dentro del mismo grupo revela mayor nivel de transportación a 3 y 5 mm que a 1 mm del ápice en raíces mesiales instrumentadas con ambos sistemas. El conducto D no revela diferencia significativa de la transportación en ninguno de sus puntos de medición mesio-distales para el grupo V-Taper 2H pero el grupo Hyflex CM presenta diferencia significativa de mayor transportación a 5mm del ápice. En la medición buco-palatino del conducto D ambos grupos muestran mayor grado de transportación a 3 mm del ápice.

Maung Maung Kyaw Moe et al.⁽²¹⁾ usan micro tomografías para comparar sistemas ProTaper Next, Revo-S y ProTaper Universal. Donde los sistemas con diseño de masa desplazada muestran menor transportación y mejor capacidad de centrado.

Aunque estudios muestran diferencia significativa entre sistemas con diseño de masa desplazada mostraron menor transportación y mejor capacidad de centrado según Maung Maung Kyaw Moe et al.⁽²¹⁾, en el presente estudio no se

encuentra tal diferencia. La diferencia entre los anteriores resultados se cree que corresponde al tipo de aleación NiTi con el que son fabricados tales instrumentos, mientras que los instrumentos comparados por Maung Maung Kyaw Moe et al. están en fase austenita, la aleación de los instrumentos comparados en el presente estudio se encuentra en fase martensita.

Se realizó además una inspección de las limas posteriormente de haber sido utilizadas, no se encontró presencia de reversión de las estrías en ningún instrumento, ni se presentó el caso de separación en el caso de ambos sistemas.

Conclusiones

En el presente estudio se halla diferencia significativa al comparar de los tercios tratados dentro del mismo grupo, revelando mayor nivel de transportación a 3 y 5 mm que, a 1 mm del ápice, al estudiar conductos M instrumentadas con ambos sistemas. El conducto D no revela diferencia significativa de la transportación en ninguno de sus puntos de medición mesio-distales para el grupo V-Taper 2H, pero el grupo Hyflex CM presenta diferencia significativa de mayor transportación a 5mm del ápice. El hallazgo anterior puede ser adjudicable al diseño favorable de conicidad parabólica del sistema V-Taper. En la medición buco-palatino del conducto D ambos grupos muestran mayor grado de transportación a 3 mm del ápice.

Aunque las investigaciones más modernas en relación al radio de centrado y transportación de conductos muestran una tendencia a ser realizados siendo evaluados mediante micro tomografía computarizada, micro CBCT, el presente estudio evaluado mediante CBCT, coincide en sus hallazgos con otros estudios de transportación realizados utilizando radiografías, CBCT y micro CBCT lo cual valida los resultados obtenidos.

Se concluye en el presente estudio que no existe diferencia significativa entre el sistema V-Taper 2H y Hyflex CM. Mientras que tradicionalmente mejoras en la forma del diseño afectan de forma favorable el comportamiento de las limas, esto parece aplicar a menor grado en instrumentos cuya aleación se encuentra en la fase martensita comparados con instrumentos en fase austenita. Se recomienda hacer estudios posteriores que comparen transportación de sistemas que tengan su aleación en fase austenita y un homólogo en fase martensita.

Referencias

1. Cheng MY. Discuss Infection Control Methods In Dental Practice And How They Particularly Relate To Endodontic Procedures. AEN. 1994;20(1):20–3.
2. Falk KW, Sedgley CM. The influence of preparation size on the mechanical efficacy of root canal irrigation in vitro. J Endod. 2005;31(10):742–5.
3. Yu DC, Schilder H. Cleaning and shaping the apical third of a root canal system. Gen Dent. 2001;49(3):266–70.
4. Gutmann JL, Gao Y. Alteration in the inherent metallic and surface properties of nickel-titanium root canal instruments to enhance performance, durability and safety: A focused review. Vol. 45, International Endodontic Journal. 2012. p. 113–28.
5. Lopes HP, Gambarra-Soares T, Elias CN, Siqueira JF, Inojosa IFJ, Lopes WSP, et al. 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(4):516–20.
6. González-Rodríguez MP, Ferrer-Luque CM. A comparison of Profile, Hero 642, and K3 instrumentation systems in teeth using digital imaging analysis. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2004;97(1):112–5.
7. Almeida BC De, Ormiga F, De Araújo MCP, Lopes RT, Barbosa Lima IC, Dos Santos BC, et al. Influence of Heat Treatment of Nickel-Titanium Rotary Endodontic Instruments on Apical Preparation: A Micro-Computed Tomographic Study. J Endod. 2015;41(12):2031–5.
8. Zhao D, Shen Y, Peng B, Haapasalo M. Micro-computed tomography evaluation of the preparation of mesiobuccal root canals in maxillary first

- molars with Hyflex CM, twisted files, and K3 instruments. *J Endod*. 2013;39(3):385–8.
9. Junaid A, Freire LG, Da Silveira Bueno CE, Mello I, Cunha RS. Influence of single-file endodontics on apical transportation in curved root canals: An ex vivo micro-computed tomographic study. *J Endod*. 2014;40(5):717–20.
 10. Shen Y, Zhou HM, Zheng YF, Peng B, Haapasalo M. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. *J Endod*. 2013;39(2):163–72.
 11. Rodrigues RC V, Lopes HP, Elias CN, Amaral G, Vieira VTL, De Martin AS. Influence of different manufacturing methods on the cyclic fatigue of rotary nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod*. 2011;37(11):1553–7.
 12. Vera J, Siqueira JF, Ricucci D, Loghin S, Fernández N, Flores B, et al. One- versus two-visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: A histobacteriologic study. *J Endod*. 2012;38(8):1040–52.
 13. Siqueira JF, Rôças IN. Clinical Implications and Microbiology of Bacterial Persistence after Treatment Procedures. Vol. 34, *Journal of Endodontics*. 2008.
 14. Boonrat Sattapan JEAP and HHM. Torque During Canal Instrumentation Using Rotary Nickel-Titanium Files. 2000;26(3):1–5.
 15. Müller DB. A short history of the NiTi file revolution. *roots*. 2012;11(1).
 16. Gambill JM, Alder M, del Rio CE. Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *J Endod [Internet]*. 1996;22(7):369–75. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0099239996802214>

17. Haghanifar S, Hosseini R, Hassanabadi ME. Evaluation of Apical Transportation in Root Canals Prepared with Hand File and Two Rotary Files by Cone Beam Computed Tomography. 2018;6(1):418–24.
18. Zanesco C, Só MVR, Schmidt S, Fontanella VRC, Grazziotin-Soares R, Barletta FB. Apical Transportation, Centering Ratio, and Volume Increase after Manual, Rotary, and Reciprocating Instrumentation in Curved Root Canals: Analysis by Micro-computed Tomographic and Digital Subtraction Radiography. J Endod [Internet]. 2017;43(3):486–90. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2016.11.006>
19. Venino PM, Citterio CL, Pellegatta A, Ciccarelli M, Maddalone M. A Micro-computed Tomography Evaluation of the Shaping Ability of Two Nickel-titanium Instruments, HyFlex EDM and ProTaper Next. J Endod [Internet]. 2017;43(4):628–32. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2016.11.022>
20. Paleker F, Van Der Vyver PJ. Comparison of canal transportation and centering ability of K-files, ProGlider file, and G-files: A micro-computed tomography study of curved root canals. J Endod [Internet]. 2016;42(7):1105–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2016.04.005>
21. Kyaw Moe MM, Ha JH, Jin MU, Kim YK, Kim SK. Root Canal Shaping Effect of Instruments with Offset Mass of Rotation in the Mandibular First Molar: A Micro-computed Tomographic Study. J Endod [Internet]. 2018;1–6. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.11.012>
22. Ruddle CJ. Endodontic triad for success: The role of minimally invasive

- technology. Dent Today. 2015;34(5):1–7.
23. SCHÄFER E, DAMMASCHKE T. Development and sequelae of canal transportation. Endod Top [Internet]. 2006;15(1):75–90. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1601-1546.2009.00236.x>
 24. Ya Shen, Hui-min Zhou, Zhejun Wang, Les Campbell, Yu-feng Zheng and MH. Phase Transformation Behavior and Mechanical Properties Instruments. J Endod [Internet]. 2013;39(7):919–23. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2013.04.004>
 25. Reciprocating WG, Demiral M, Keles A. Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc Blue ,. 2017;1–4.
 26. Thompson M, Sidow SJ, Lindsey K, Chuang A, Mcpherson JC. Evaluation of a New Filing System ' s Ability to Maintain Canal Morphology. J Endod [Internet]. 2013;2–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2013.10.016>
 27. Zupanc J, Vahdat-Pajouh N, Schäfer E. New thermomechanically treated NiTi alloys - a review. Int Endod J [Internet]. 2018; Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/iej.12924>
 28. He R, Ni J. Design improvement and failure reduction of endodontic files through finite element analysis: Application to V-Taper file designs. J Endod [Internet]. 2010;36(9):1552–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2010.06.002>
 29. Berutti E, Chiandussi G, Gaviglio I, Ibba A. Comparative analysis of torsional and bending stresses in two mathematical models of nickel-titanium rotary instruments: ProTaper versus ProFile. J Endod. 2003;29(1):15–9.

30. Xu X, Eng M, Zheng Y, Eng D. Comparative study of torsional and bending properties for six models of nickel-titanium root canal instruments with different cross-sections. J Endod. 2006;32(4):372–5.
31. Endodontists. . American Association of. Glossary of Endodontic Terms. 8th ed. Endodontists AA of, editor. Chicago; 2012.