

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

PROGRAMA DE ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA



**COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA TRANSPORTACIÓN PROVOCADA POR
DOS INSTRUMENTOS DE NÍQUEL TITANIO**

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

PRESENTA

C.D. PAULINA ÁLVAREZ HERNÁNDEZ

PRESIDENTE

DRA. EUSTOLIA RODRÍGUEZ VELÁZQUEZ

SINODAL

**DRA. ANA GABRIELA
CARRILLO VÁRGUEZ**

SINODAL

**DRA. DULCE YICEL
MAGAÑA MANCILLAS**

SINODAL

DR. JULIO CÉSAR GARCÍA BRIONES

TIJUANA, BAJA CALIFORNIA; MÉXICO

JUNIO 2022

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**
"2022, año de la erradicación de la violencia contra las mujeres en Baja California"

Tijuana, Baja California a, 06 de junio de 2022

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **COMPARACIÓN IN VITRO DE LA TRANSPORTACIÓN PROVOCADA POR DOS INSTRUMENTOS DE NÍQUEL TITANIO.**

Propuesto por la C.D. PAULINA ÁLVAREZ HERNÁNDEZ, 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



DRA. EUSTOLIA RODRÍGUEZ VELÁZQUEZ
PRESIDENTE

Ccp.- Archivo.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**
"2022, año de la erradicación de la violencia contra las mujeres en Baja California"

Tijuana, Baja California a, 06 de junio de 2022

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **COMPARACIÓN IN VITRO DE LA TRANSPORTACIÓN PROVOCADA POR DOS INSTRUMENTOS DE NÍQUEL TITANIO.**

Propuesto por la C.D. PAULINA ÁLVAREZ HERNÁNDEZ, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

ATENTAMENTE


DRA. ANA GABRIELA CARRILLO VÁRGUEZ
SINODAL

Ccp.- Archivo.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**
"2022, año de la erradicación de la violencia contra las mujeres en Baja California"

Tijuana, Baja California a, 06 de junio de 2022

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **COMPARACIÓN IN VITRO DE LA TRANSPORTACIÓN PROVOCADA POR DOS INSTRUMENTOS DE NÍQUEL TITANIO.**

Propuesto por la C.D. PAULINA ÁLVAREZ HERNÁNDEZ, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

ATENTAMENTE



DRA. DULCE YICEL MAGAÑA MANCILLAS
SINODAL

Ccp.- Archivo,

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA
"2022, año de la erradicación de la violencia contra las mujeres en Baja California"**

Tijuana, Baja California a, 06 de junio de 2022

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **COMPARACIÓN IN VITRO DE LA TRANSPORTACIÓN PROVOCADA POR DOS INSTRUMENTOS DE NÍQUEL TITANIO.**

Propuesto por la C.D. PAULINA ÁLVAREZ HERNÁNDEZ, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

ATENTAMENTE


DR. JULIO CÉSAR GARCÍA BRIONES
SINODAL

Ccp.- Archivo.

COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA TRANSPORTACIÓN PROVOCADA POR DOS INSTRUMENTOS DE NÍQUEL TITANIO

PRESENTA

C.D. PAULINA ÁLVAREZ HERNÁNDEZ

**PRESIDENTE
(DIRECTOR DEL PROYECTO)**

DRA. EUSTOLIA RODRÍGUEZ VELÁZQUEZ

**SINODALES
(CO-DIRECTORES DEL PROYECTO)**

DRA. ANA GABRIELA CARRILLO
VÁRGUEZ

DRA. DULCE YICEL MAGAÑA
MANCILLAS

DR. JULIO CÉSAR GARCÍA BRIONES

Tijuana, Baja California, 07 de junio de 2022

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi familia, a mis profesores, amigos y a todas las personas que estuvieron motivándome durante el transcurso de la especialidad, por darme todo su apoyo y alentarme a seguir adelante y no rendirme.

Primeramente, quisiera agradecer a la Dra. Ana Gabriela Carrillo por haberme dado la oportunidad de cursar este posgrado, además de siempre compartirme de su sabiduría y conocimientos que me ayudaron a enriquecer mi formación.

Quiero agradecer también a mi directora de tesis, la Dra. Eustolia Rodríguez Velázquez, que siempre estuvo dispuesta ayudarme a mí y a todos mis compañeros con el proceso de la tesis, incluso antes de saber que iba a ser mi directora. Así como, a mis sinodales de este trabajo de investigación la Dra. Dulce Yicel Magaña Mancillas y el Dr. Julio García Briones por su tiempo y dedicación.

También es necesario mencionar que agradezco a todos mis docentes, por haberme apoyado con sus conocimientos y por su paciencia, siempre dispuestos a aclarar todas mis dudas e inquietudes.

Finalmente, quisiera agradecer sobre todo a mis padres, que hicieron un gran sacrificio para que pudiera realizarme profesionalmente.

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Agradezco a CONACYT por la beca otorgada, No. CVU: 1082602

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES	II
CONTENIDO	III
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
LISTA DE ABREVIATURAS	VIII
I. RESUMEN	1
II. INTRODUCCIÓN	2
2.1. ENDODONCIA	2
2.2. OBJETIVO DE LA ENDODONCIA	2
2.3. TRIADA ENDODÓNTICA	3
2.4. PREPARACIÓN BIOMECÁNICA	4
2.5. INSTRUMENTOS PARA PREPARACIÓN BIOMECÁNICA	5
2.5.1. LIMAS MANUALES DE ACERO INOXIDABLE	6
2.5.2. LIMAS ROTATORIAS DE NÍQUEL TITANIO	7
2.5.3. PROTAPER GOLD	8
2.5.4. M-PRO	9
2.6. ACCIDENTES DURANTE PREPARACIÓN BIOMECÁNICA	11

2.7. TRANSPORTACIÓN.....	13
2.8. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO	14
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
IV. JUSTIFICACIÓN	18
V. HIPÓTESIS.....	19
5.1. TRANSPORTACIÓN.....	19
5.1.1. <i>HIPÓTESIS DE TRABAJO</i>	19
5.2. DESVIACIÓN EN GRADOS.....	19
5.2.1. <i>HIPÓTESIS NULA (H0)</i>	19
5.2.2. <i>HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H1)</i>	19
VI. OBJETIVO.....	20
6.1. OBJETIVO GENERAL	20
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
VII. VARIABLES	21
7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	21
7.2. VARIABLES DEPENDIENTES.....	21
7.3. OPERACIÓN DE VARIABLES	21
VIII. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
8.1. TIPO DE ESTUDIO	22

8.2. UNIVERSO DE ESTUDIO	22
8.3. CRITERIOS DE INCLUSIÓN.....	22
8.4. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	22
8.5. MATERIALES E INSTRUMENTAL.....	22
8.6. METODOLOGÍA.....	24
8.6.1. <i>PREPARACIÓN DE LOS ÓRGANOS DENTALES PARA LA INSTRUMENTACIÓN</i>	24
8.6.2. <i>INSTRUMENTACIÓN GRUPO 1: M-PRO</i>	25
8.6.3. <i>INSTRUMENTACIÓN GRUPO 2: PROTAPER GOLD</i>	26
8.6.4. <i>EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN</i>	26
8.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	28
IX. RESULTADOS	29
9.1. EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN	29
9.2. EVALUACIÓN DE DESVIACIÓN EN GRADOS.....	34
X. DISCUSIÓN.....	38
XI. CONCLUSIONES	39
XII. RECOMENDACIONES	40
XIII. BIBLIOGRAFÍA	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Limas manuales de acero inoxidable..... 7

Figura 2. Sistema de limas ProTaper Gold. 9

Figura 3. Sistema de limas rotatorias M-Pro 10

Figura 4. Estructura de sistema de limas M-Pro. 11

Figura 5. Conducto radicular con escalón. 13

Figura 6. Órganos dentales extraídos montados sobre modelo de estudio..... 24

Figura 7. CBCT de tercio apical, medio y cervical previo a la instrumentación. 25

Figura 8. Instrumentación de órganos dentales unirradiculares..... 26

Figura 9. CBCT pre- y post-instrumentación en un corte axial con limas rotatorias M-Pro.
..... 30

Figura 10. Sobreposición de imágenes de CBCT pre- y post- instrumentación en un corte axial con las limas M-Pro en los tercios apical, medio y cervical. 30

Figura 11. CBCT pre- y post-instrumentación en un corte axial con limas rotatorias ProTaper Gold en los tercios apical, medio y cervical. 31

Figura 12. Sobreposición de imágenes de CBCT pre- y post- instrumentación en un corte axial con limas ProTaper Gold en los tercios apical, medio y cervical..... 31

Figura 13. CBCT pre- y post- instrumentación de la angulación de conductos radiculares.
..... 35

Figura 14. Sobreposición de imágenes de CBCT en un corte sagital antes y después de instrumentación con limas M-Pro..... 36

Figura 15. Sobreposición de imágenes de CBCT en un corte sagital antes y después de instrumentación con limas ProTaper Gold. 36

LISTA DE ABREVIATURAS

AAE	Asociación americana de endodoncistas
CBCT	Tomografía computarizada de haz cónico
NiTi	Níquel-Titanio
D	Distal
D-L	Disto-lingual
D-V	Disto-vestibular
L	Lingual
M	Mesial
M-L	Mesio-lingual
M-V	Mesio-vestibular
V	Vestibular

I. RESUMEN

Introducción: La preparación biomecánica del conducto radicular es uno de los pasos más importantes en el tratamiento de conductos. Las diferencias entre los procedimientos de diseño y fabricación asociados con los sistemas de limas rotatorias de NiTi pueden resultar en distintas formas finales del conducto radicular instrumentado. Los accidentes durante la preparación biomecánica pueden ocurrir al momento de realizar la instrumentación, incluida la transportación del conducto. Se ha propuesto el uso de CBCT como método para evaluar la instrumentación del conducto radicular como uno de los más efectivos para su análisis. **Objetivo:** Comparar transportación provocada por dos instrumentos rotatorios de NiTi (ProTaper Gold y M-Pro), mediante un ensayo *in vitro*. **Metodología:** Se seleccionaron 20 órganos dentales unirradiculares, los cuales fueron divididos aleatoriamente en dos grupos (n= 10): M-Pro (grupo 1) y ProTaper Gold (grupo 2). Los órganos dentales unirradiculares fueron escaneados mediante un CBCT previo y posterior a su instrumentación con los sistemas de limas rotatorias para evaluar la transportación y desviación generada del conducto a 3, 6, y 9 mm de apical hacia coronal. **Resultados:** Se demostró que se genera transportación con los sistemas de limas rotatorias M-Pro y ProTaper Gold. En cuanto a la desviación en grados, no se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$). **Conclusiones:** Se confirmó que ambos sistemas de limas rotatorias M-Pro y ProTaper Gold provocaron transportación en los tercios apical, medio y cervical en diferentes direcciones del conducto. Se determinó que ambos sistemas de limas rotatorias generaron desviación en la trayectoria de los conductos radiculares. El análisis estadístico de los resultados determinó que no existió diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$) en la desviación generada por ambos instrumentos.

II. INTRODUCCIÓN

2.1. ENDODONCIA

La endodoncia es una rama de la odontología, según la Asociación Americana de Endodoncia (AAE), que se encarga del estudio de la estructura, morfología y fisiología de las cavidades dentarias coronal y radicular que contienen a la pulpa dental, y también de los tejidos perirradiculares. "Endo" es la palabra griega para "interior" y "odont" es la palabra griega para "diente" (1).

El tratamiento de conductos radiculares está diseñado para eliminar las bacterias del conducto radicular infectado, prevenir la reinfección del diente y salvar el diente natural. En este tratamiento se extrae la pulpa inflamada o infectada y el interior del conducto radicular se limpia y desinfecta cuidadosamente, luego se llena con un material de obturación llamado gutapercha, con la ayuda de cementos endodónticos, y así realizar un sellado idealmente tridimensional (1).

2.2. OBJETIVO DE LA ENDODONCIA

El objetivo de la endodoncia, es prevenir lesiones pulpares y periodontales, o tratar las ya instaladas, proporcionando el sustrato dental para devolver forma y función perdida, a través de la rehabilitación oral (2).

Para comprender el tratamiento de endodoncia, es de suma importancia conocer la anatomía del diente a tratar. Dentro del diente, debajo del esmalte y una capa dura de dentina, se encuentra un tejido blando llamado pulpa. La pulpa contiene vasos sanguíneos, nervios y tejido conectivo (2).

La pulpa se extiende desde la corona del diente hasta el ápice de las raíces, donde se conecta con los tejidos que rodean la raíz. La pulpa es importante durante el crecimiento y desarrollo de un diente. Sin embargo, una vez que un diente está completamente maduro, puede sobrevivir sin la pulpa, porque los tejidos que lo rodean continúan nutriendo el diente. El tratamiento del conducto radicular es necesario cuando existe una

alteración irreversible pulpar. Hay una gran cantidad de razones por las que se podría necesitar un tratamiento de conductos: destrucción profunda de estructura dentaria, múltiples procedimientos dentales en un órgano dental, corona comprometida, grietas o fisuras y fracturas. Además, una lesión en un diente puede dañar la pulpa, incluso si el diente no tiene grietas o fracturas visibles. Si la inflamación o infección de la pulpa no se trata, puede causar dolor o provocar un absceso (2).

Hay muchas razones clínicas para necesitar un tratamiento de conductos, pero también hay innumerables razones prácticas por las que salvar el diente natural, lo cual siempre será la mejor opción. Con el cuidado adecuado, la mayoría de los dientes que se han sometido a un tratamiento de conductos pueden durar toda la vida (2).

2.3. TRIADA ENDODÓNTICA

Según Ingle, la triada endodóntica es imprescindible que se cumpla para poder lograr el éxito de un tratamiento de conductos. La tríada endodóntica, establece que durante el tratamiento de conductos se deben cumplir tres principios cardinales: desbridamiento biomecánico, que sería la instrumentación de los conductos, la asepsia o limpieza, que consiste en la reducción de la flora bacteriana, y por último una obturación tridimensional del sistema de conductos radiculares, el cual es el objetivo principal de la obturación. A pesar de que puede ser complicado el clasificar la importancia de cada elemento de la tríada, varios autores coinciden en que la preparación biomecánica es el aspecto clave durante el tratamiento (3).

Schilder ha denominado limpieza y conformación a la eliminación de todo el sustrato orgánico del sistema de conductos radiculares, así como a la elaboración de una forma determinada dentro de cada conducto para la recepción de una obturación hermética y tridimensional en todo el espacio de estos, destacando la necesidad del desbridamiento, que consiste en retirar del sistema de conductos radiculares los irritantes existentes. Existe un gran número de investigaciones al respecto que determinan las múltiples dificultades implícitas en la limpieza de estos pequeños y complejos espacios. La limpieza y conformación de los conductos radiculares está condicionada por el estado

patológico de la pulpa y de los tejidos perirradiculares, pero sobre todo, por la anatomía radicular (4).

Para Buchanan todos los conductos radiculares tienen alguna curvatura, incluso aquellos aparentemente rectos por lo general están curvos (en cierto grado) en el tercio apical. Dichas curvaturas pasan algunas veces inadvertidas en las angulaciones radiográficas convencionales, ya que la radiografía es una representación bidimensional de un objeto tridimensional, pudiendo inducir errores en la determinación de longitud de trabajo, sobreinstrumentación, traslaciones del foramen, separación de instrumentos o formación de escalones en los conductos (Figura 5) cuando los trata un odontólogo inadvertido (4).

Se han propuesto varias técnicas para facilitar la limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares con irregularidades anatómicas. Algunas preparan el conducto desde la porción coronaria y progresan hacia el ápice y otras lo inician desde este último y retroceden hacia la entrada del conducto. También se ha propuesto la combinación de ambas técnicas (4).

2.4. PREPARACIÓN BIOMECÁNICA

La preparación del conducto radicular es uno de los pasos más importantes en cualquier tratamiento de conductos. La preparación mecánica y la conformación de los conductos radiculares son puntos clave en un tratamiento de conductos.

Este es el paso responsable de la limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares, aumentando gradualmente su diámetro mediante la acción de varios instrumentos. Durante años dicha preparación se realizó con instrumentos manuales de acero inoxidable (Figura 1), los cuales presentaban una serie de limitaciones, principalmente en conductos curvos y planos, lo que provocaba desviaciones, formación de zip y perforaciones. Dichas limitaciones llevaron al desarrollo de instrumentos de níquel-titanio (Ni-Ti) con mayor flexibilidad y eficiencia de corte, favoreciendo el tratamiento de conductos curvos y haciendo que el procedimiento clínico sea más rápido y seguro. Constantemente se han propuesto nuevas técnicas e instrumentos para reducir las dificultades en la terapia endodóntica (5).

Las características que se buscan en un instrumento para la preparación mecánica de un conducto radicular es que tengan la capacidad de limpiar anatomías diversas y complejas para la eliminación adecuada del tejido dentinario dañado, sin embargo, también se busca lograr una conformación del conducto mediante una preparación mínimamente invasiva y preservar suficiente remanente dentinario para evitar fracturas en la estructura radicular. Por lo que, hay una búsqueda constante de un instrumento que pueda lograr el objetivo de eliminar tejido afectado sin provocar un adelgazamiento de dentina radicular excesivo y debilitamiento innecesario de la raíz radicular (6).

Según Schilder, la preparación del conducto radicular debe presentar una forma cónica de apical a coronal, preservando el foramen apical y no alterando la curvatura original del conducto. Sin embargo, la preparación endodóntica en conductos radiculares curvos y estrechos es más desafiante, con una tendencia a que el conducto preparado se desvíe de su eje natural. Numerosos estudios han analizado distintos métodos de instrumentación mecánica, al igual que se ha observado la capacidad de distintos instrumentos para la conformación de los conductos radiculares (7).

La instrumentación por sí misma no permite librarse de todo el tejido contenido en el conducto ni de los microorganismos. Esto se debe a lo irregular que es este espacio, por las múltiples ramificaciones, conductos laterales, etc., sin embargo, dicha anatomía permite que los irrigantes puedan trasladarse con mayor facilidad hasta la zona apical, lo cual facilita la obturación en todas sus dimensiones (8).

2.5. INSTRUMENTOS PARA PREPARACIÓN BIOMECÁNICA

Los instrumentos para la preparación biomecánica son herramientas imprescindibles para lograr una desinfección adecuada y lograr el éxito de un tratamiento de conductos. Existe una amplia variedad de instrumentos que son utilizados para llevar a cabo la limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares. Actualmente, para realizar el desbridamiento de la pulpa dental y la conformación de los conductos se utilizan limas, ya sean manuales o rotatorias, de las cuales estas últimas se debe accionar su movimiento rotatorio con la ayuda de un motor. Las limas manuales son instrumentos

que ensanchan los conductos mediante movimientos recíprocos de entrada y salida y cortan ensanchando los conductos con movimientos de rotación. Sin embargo, varios autores establecen que debido a la rigidez del material usado para fabricar las limas manuales, estas tienden a provocar más incidentes durante la instrumentación (2).

2.5.1. LIMAS MANUALES DE ACERO INOXIDABLE

Las limas manuales de acero inoxidable, se han utilizado históricamente para dar forma al conducto. Sin embargo, estas limas son rígidas y están asociadas con una mayor fatiga del operador, y cuando se usan en la preparación de conductos radiculares curvos, las fuerzas restauradoras de las limas tienden a devolver la lima a su forma original, lo cual resulta a una transportación del conducto (9).

El tratamiento endodóntico es responsable de varios cambios microestructurales de la dentina y alteraciones de las propiedades mecánicas. Los estudios han demostrado que pueden producirse fracturas de dientes después de un tratamiento endodóntico debido a la pérdida de dentina causada durante la instrumentación del conducto radicular. Para eliminar el tejido infectado, incluido el tejido pulpar y la dentina del conducto radicular, las fuerzas mecánicas son obligatorias durante el uso de los instrumentos. Estas fuerzas mecánicas efectuadas por las limas siempre tienen algunas fuerzas de reacción a la dentina y a la estructura radicular (10).

Los diferentes sistemas de limas rotatorias pueden tener diferentes fuerzas y el consiguiente riesgo o incidencia para inducir daño a la dentina o micro grietas apicales según la geometría, tamaño o aleación del instrumento. Se ha informado que los procedimientos de preparación del conducto radicular aumentan el riesgo de fractura radicular y formación de grietas al reducir la integridad de la dentina radicular o crear defectos dentro de los conductos radiculares que pueden actuar como concentraciones de estrés o sitios de inicio de grietas. Los numerosos contactos momentáneos por la velocidad de movimiento rápido a más de 300 rpm entre el instrumento y la pared del conducto crean concentraciones de estrés en la dentina y pueden inducir defectos dentales. La preparación del conducto radicular puede debilitar significativamente las

raíces, especialmente cuando la longitud de trabajo es más larga que la óptima y puede crear grietas en el tercio apical (11).



Figura 1. Limas manuales de acero inoxidable.

Paquete de segunda serie de limas tipo K manuales fabricadas con material de acero inoxidable (12).

2.5.2. LIMAS ROTATORIAS DE NÍQUEL TITANIO

Las limas rotatorias de NiTi en las últimas décadas, han sido desarrolladas y han mejorado significativamente la calidad de la conformación del conducto y ha permitido la preparación del conducto radicular con rotación continua en conductos radiculares angostos o curvos. El éxito de los sistemas de limas rotatorias de NiTi está relacionado con el diseño, flexibilidad y memoria elástica. Además, los instrumentos de NiTi permiten una mayor preparación del conducto cónico con menos tiempo de trabajo y una conformación más centrada del conducto en su eje original, produciendo preparaciones más redondeadas y reduciendo los errores de procedimiento. Sin embargo, las diferencias entre los procedimientos de diseño y fabricación asociados con estos sistemas de limas rotatorias pueden resultar en distintas formas finales del conducto radicular instrumentado (13).

La aparición de los instrumentos de NiTi revolucionó el tratamiento de los conductos radiculares, reduciendo la fatiga del operador y el tiempo requerido para finalizar la preparación y minimizar los errores de procedimiento asociados con la instrumentación de los conductos. En los últimos años, el uso de los instrumentos rotatorios NiTi se ha aumentado ampliamente en la endodoncia. Estos instrumentos superelásticos ofrecen beneficios superiores a la instrumentación manual para preparar conductos radiculares curvos, incluyendo menor transporte del conducto y reducción del tiempo operatorio. Cabe destacar que estos instrumentos son utilizados con la técnica crown-down, promoviendo una forma cónica, manteniendo la forma radicular original y evitando al mínimo errores operatorios en la longitud de trabajo (13).

2.5.3. PROTAPER GOLD

Las limas rotatorias ProTaper Gold (Dentsply Sirona) (Figura 2), se han comparado mucho con los rotatorios ProTaper Universal (Dentsply). ProTaper Gold presenta mayor flexibilidad si los comparamos con los mencionados anteriormente. Presenta mayor resistencia a la fatiga cíclica, y tiene un mango más corto de 11 mm, por lo que es más fácil introducirlo al conducto radicular. Se presentan esterilizadas con dos opciones de formato: en blíster de 6 unidades con la posibilidad de elegir entre longitud de 19 mm, 21 mm, 25 mm o 31 mm; o en un set de limas surtidas (SX, S1, S2, F1, F2 y F3) con una longitud a seleccionar de 21 mm, 25 mm o 31 mm y existen las limas de finalización (el grupo de limas bajo la denominación "F": F1, F2, F3, F4, F5) para cuando se instrumentan conductos curvados en la zona apical, ya que proporcionan un mayor nivel de confianza y control del trabajo (14).



Figura 2. Sistema de limas ProTaper Gold.

Sistema de limas rotatorias ProTaper Gold: (limas SX, S1, F1, F2, y F3) (14).

2.5.4. M-PRO

M-Pro (Figura 4) es un sistema limas rotatorias para tratamientos endodónticos que se introdujo hace poco. Este sistema está hecho de un cable en X especialmente tratado que tiene capacidad de predoblado, mayor flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica, con una sección transversal triangular convexa, y un aumento de dimensión en sus hojas cortantes y menor efecto de tracción. El fabricante afirma que tiene una alta resistencia a la fractura y puede permanecer centralizado en el conducto (15).

Los instrumentos austeníticos NiTi se caracterizan por su comportamiento superelástico, debido a la transformación de fase reversible entre las fases austenítica y martensítica de la aleación cuando se induce tensión en la estructura en respuesta a la aplicación de carga. El efecto de memoria de forma es causado por la capacidad de los instrumentos de NiTi deformados para recuperar su forma original debido a la transformación de fase de la martensita deformada a la fase austenita estable por calentamiento. La presencia de la fase estable de martensita dentro de la microestructura de los instrumentos de NiTi los hace más flexibles y resistentes a la fractura por fatiga cíclica (15).

II. INTRODUCCIÓN

A pesar de las propiedades ventajosas de los instrumentos de NiTi, no están exentos de la separación repentina e inesperada de la lima durante el uso clínico. Las fracturas pueden ocurrir por fatiga cíclica, por torsión o flexión. La fatiga cíclica por flexión tiene una incidencia clínica impredecible; ocurre repentinamente después de la rotación libre de un cierto número de ciclos en un conducto radicular curvo cuando la lima se comprime (tensión de compresión) en la superficie curva interior y se alarga (tensión de tracción) en la curva exterior. Esta flexión y desdoblamiento de la lima puede causar la formación de grietas en la superficie en estas regiones de concentración de tensión de tracción, lo que da como resultado la rotura. Se han realizado varios intentos para mejorar la resistencia a la fatiga de los instrumentos de NiTi mejorando el diseño de la sección transversal, el proceso de fabricación o el tratamiento de la superficie, así como introduciendo nuevas aleaciones (15).

En la actualidad, los nuevos instrumentos rotatorios basados en Ni-Ti tienen variaciones en el diámetro, conicidad, y utilizan motores que controlan el torque, la velocidad y la auto-reversa; estas características hacen que estos sistemas de limas rotatorias sean más eficientes, con una menor incidencia de fracturas, y con un mejor resultado en el procedimiento (16).



Figura 3. Sistema de limas rotatorias M-Pro

Sistema de limas rotatorias M-Pro: (limas 18 (0.09), 20 (0.04), 25 (0.06)).

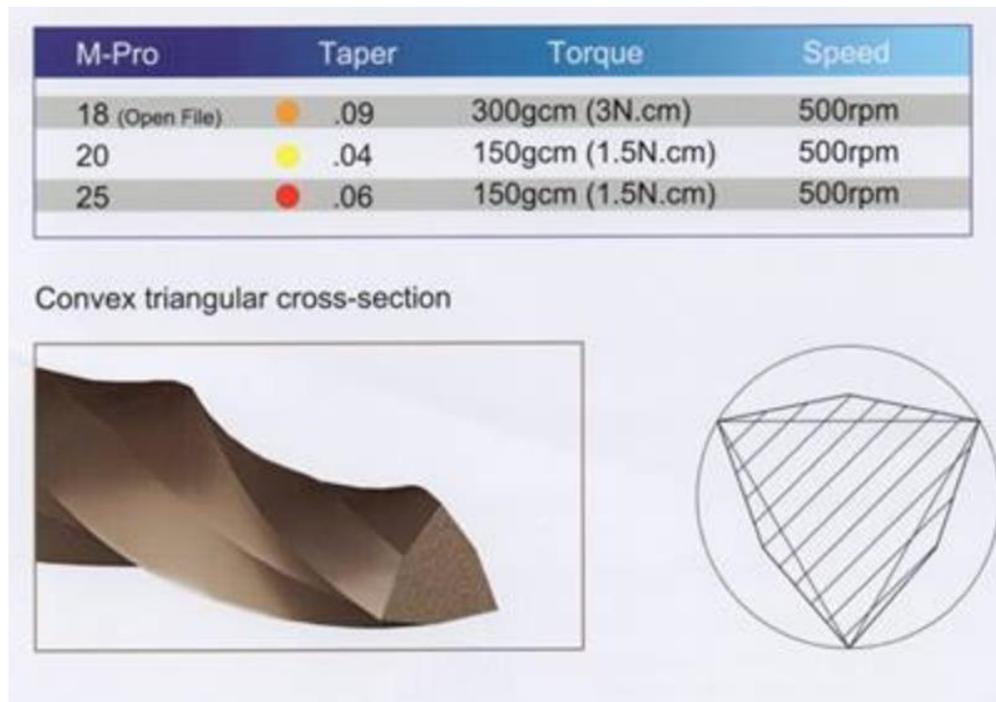


Figura 4. Estructura de sistema de limas M-Pro.

Sistemas de limas rotatorias M-Pro cuenta con 3 limas. Abridor 18; conicidad 0.09, torque 3.0 cm, velocidad 500 rpm. Lima 20; conicidad 0.04, torque 1.5 cm, velocidad 500 rpm. Lima 25; conicidad 0.06, torque 1.5 cm, velocidad 500 rpm. Hoja sección transversal triangular convexa (17).

2.6. ACCIDENTES DURANTE PREPARACIÓN BIOMECÁNICA

Los accidentes durante la preparación biomecánica pueden ser al momento de realizar la instrumentación, dar forma a los conductos radiculares curvos representa un desafío importante para los clínicos, con un mayor riesgo de errores de procedimiento, incluido el transporte y la perforación. Además, la curvatura introduce una complejidad que influye en la capacidad de los instrumentos para preparar y limpiar todas las paredes del conducto radicular, independientemente del sistema de instrumentación utilizado. Estas dificultades en la preparación pueden predisponer a una infección persistente del conducto radicular, con el consiguiente riesgo para el resultado del tratamiento. Otro posible efecto adverso de la conformación es la eliminación excesiva de la estructura de la dentina, que puede hacer que la raíz sea propensa a fracturarse cuando se somete a

II. INTRODUCCIÓN

cargas adicionales por procedimientos de obturación, restauración o masticación. Se ha demostrado que el riesgo de fractura de la raíz aumenta cuando el ancho del conducto es mayor que el 40% del ancho de la raíz. En ocasiones, las raíces dentarias suelen ser susceptibles a la extracción excesiva de dentina y al riesgo de fractura porque su diámetro mesiodistal es más pequeño que el diámetro vestibulolingual. Estudios han demostrado que la extirpación extensa de dentina está directamente asociada con una mayor incidencia de fracturas radiculares. Por lo tanto, se ha propuesto que aunque la preparación del conducto apical debe ser lo suficientemente grande para controlar la infección, el agrandamiento coronal debe realizarse con cuidado para evitar debilitar la raíz. Se han introducido varios instrumentos rotatorios de NiTi con el fin de mejorar la preparación de conductos curvos con menor riesgo de accidentes (18).

Durante los últimos años se han realizado numerosas investigaciones acerca de la capacidad de los sistemas de limas rotatorias para realizar la preparación biomecánica, mostrando una amplia diversidad de resultados, varios instrumentos rotatorios con conclusiones muy distintas en cuanto al grado de modificación de los conductos curvos y el grado de transportación. A pesar de ello, es difícil establecer la existencia de un mecanismo de instrumentación endodóntico que afirme obtener menor modificación y transportación.

No obstante, estos instrumentos también pueden tener ciertas desventajas tales como zip, escalones, falsas vías, perforaciones, fracturas de instrumentos y transportaciones. Mantener la forma original del conducto mediante un abordaje menos invasivo se asocia con mejores resultados endodónticos. Estudios previos han demostrado que el transporte del conducto conduce a una remoción inadecuada de la dentina, con un alto riesgo de enderezar la curvatura original del conducto y formar salientes en la pared de la dentina. Los instrumentos rotatorios de NiTi han demostrado su eficacia para lograr una conformación óptima del conducto radicular, con menos enderezamiento y preparaciones mejor centradas de conductos radiculares curvos. La superelasticidad de las limas rotatorias de NiTi puede permitir que se ejerzan menos fuerzas laterales contra las paredes del conducto, especialmente en conductos muy curvos, lo que reduce el riesgo de aberraciones del conducto y mantiene mejor la forma original del conducto (19).

2.7. TRANSPORTACIÓN

La transportación que se genera en la preparación biomecánica, se define como el cambio de ubicación espacial del conducto radicular con respecto a su posición original, ocasionado por una instrumentación defectuosa, debido a un desgaste no proporcional de algunas de sus paredes, que se manifiestan como una falta de respeto a la anatomía original del conducto, el cual se desplaza de su trayectoria inicial y se amplía en exceso (20). Tales defectos pueden afectar el pronóstico del tratamiento, al dejar zonas del conducto con una limpieza inadecuada o al permitir un desgaste en las zonas de peligro del conducto radicular, lo que finalmente es capaz de poner en riesgo la permanencia del diente en boca (20).

Teniendo en cuenta las ventajas clínicas de la preparación biomecánica con sistemas de limas rotatorias, es necesario investigar la eficacia de la conformación de los sistemas de limas rotatorias NiTi y comprender cómo las características de diseño respectivas impactan en el rendimiento (21). La efectividad de los instrumentos endodónticos ha sido evaluada con diferentes metodologías, con respecto al parámetro de grado de transportación. Se ha propuesto el uso de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) como método para evaluar la instrumentación del conducto radicular como uno de los más efectivos para su análisis (22).



Figura 5. Conducto radicular con escalón.

Escalón en conducto radicular provocado por una transportación durante la instrumentación (23).

2.8. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO

El estudio de CBCT es una herramienta crucial para el diagnóstico en el área de la odontología, sobre todo en la rama de endodoncia. Un diagnóstico preciso que conduzca a un plan de tratamiento preciso es crucial para una terapia endodóntica exitosa y se basa en datos clínicos y radiográficos. Desde 1895, las imágenes radiográficas se han convertido en un complemento cada vez más importante para ayudar a diagnosticar la patología y planificar los tratamientos adecuados (24).

La radiografía es muy importante para el éxito del diagnóstico de algunas patosis odontogénicas y no odontogénicas, el tratamiento del sistema de conductos radiculares de un diente comprometido, la instrumentación biomecánica, la evaluación de la obturación final del conducto y la valoración de la cicatrización (25).

Las evaluaciones radiográficas en el tratamiento de endodoncia se limitaban a radiografías intraorales y panorámicas hasta hace poco. Estas tecnologías radiográficas proporcionan representaciones bidimensionales de estructuras anatómicas tridimensionales. Si algún elemento de la configuración geométrica se ve comprometido, la imagen puede mostrar errores (26). La anatomía compleja y las estructuras circundantes pueden dificultar la interpretación de las imágenes planas. En un estudio realizado por Bender y cols. encontraron que las lesiones periapicales no se muestran en una radiografía periapical hasta que alcanzan el hueso cortical adyacente al diente afectado (24).

La llegada de la CBCT ha permitido visualizar la dentición, el esqueleto maxilofacial y la relación de las estructuras anatómicas en tres dimensiones. La CBCT, como cualquier tecnología tiene limitaciones incluida una posible dosis de radiación más alta para el paciente. Otras limitaciones incluyen la posibilidad de generación de artefactos, altos niveles de dispersión, ruido y variaciones en la distribución de dosis dentro de un volumen de interés.

Yi y cols. realizaron una revisión sistemática para comparar la precisión diagnóstica de las imágenes CBCT y la radiografía periapical digital para detectar la reabsorción

II. INTRODUCCIÓN

radicular externa. Los resultados indicaron que las imágenes CBCT eran significativamente más sensibles que las radiografías periapicales digitales, lo que las convierte en un método confiable para detectar la presencia de reabsorción radicular externa (27).

Un estudio de Schloss y cols. mostraron que las imágenes de CBCT evaluaban las lesiones periapicales y la curación después de la microcirugía endodóntica con mayor precisión que la radiografía periapical digital. Sin embargo, Kruse y cols. demostraron que el 42% de las lesiones detectadas por CBCT no presentaban inflamación periapical, sino simplemente tejido cicatrizado, lo cual fue confirmado con los estudios histológicos de las lesiones adquiridas durante la reintervención (27).

El diagnóstico de endodoncia depende de una evaluación exhaustiva de la queja principal del paciente, la historia y el examen clínico y radiográfico. Las radiografías preoperatorias son una parte esencial de la fase de diagnóstico de la terapia endodóntica. Las imágenes de diagnóstico precisas respaldan el diagnóstico clínico (27).

La CBCT representa un avance importante en la obtención de imágenes de la región dental y maxilofacial. Por lo tanto, no es sorprendente que todas las especialidades dentales hayan explorado su uso para la obtención de imágenes de problemas dentales, incluida la endodoncia. Se han destacado las limitaciones de la radiografía intraoral convencional en la práctica endodóntica, en relación con la CBCT; las imágenes bidimensionales están limitadas en términos de rendimiento diagnóstico por superposiciones y distorsiones anatómicas, así como por errores de exposición y procesamiento. Por otro lado, las radiografías intraorales convencionales son baratas, tienen una baja dosis de radiación, tienen una resolución más alta que las imágenes CBCT y a menudo pueden ser suficientes para el diagnóstico. La CBCT es cara, invariablemente da una dosis de radiación más alta que las radiografías convencionales. Además, CBCT es un término colectivo para un gran número de sistemas de imagen que difieren mucho en la calidad de la imagen, la dosis de radiación, y el potencial diagnóstico (27).

II. INTRODUCCIÓN

Existe evidencia de que algunos sistemas de CBCT pueden tener un mayor rendimiento diagnóstico que las radiografías intraorales convencionales para diversas tareas relevantes para la endodoncia, en particular la identificación de sistemas de conductos radiculares, resorciones, fracturas radiculares y patosis periapical (27).

La CBCT se ha convertido cada vez más en una herramienta de imagen valiosa tanto para diagnóstico como para la planificación del tratamiento en la endodoncia clínica. (28). También contribuye a la evaluación preoperatoria de la anatomía compleja del conducto radicular y a la evaluación de procedimientos de eventos iatrogénicos, defectos de resorción externos e internos o fracturas radiculares incompletas. Conservando los beneficios del uso de CBCT en la planificación del tratamiento, la obtención de información incluye principalmente la decisión de una intervención quirúrgica, un retratamiento convencional o incluso una extracción dentaria (29).

Anteriormente, una limitación importante de las imágenes de CBCT era que los materiales radiopacos como las obturaciones del conducto radicular y los postes metálicos, a menudo creaban radiopacidades que pueden comprometer el diagnóstico preciso de una condición clínica y radiográfica determinada. La evolución de los sistemas de imagen CBCT de nuevo diseño ha minimizado este importante inconveniente, permitiendo la evaluación adecuada de los casos en los que se debe decidir un retratamiento convencional o una intervención quirúrgica (30).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La conformación de los conductos radiculares es un punto clave para el éxito de un tratamiento de conductos. Para ello, se busca un instrumento para la preparación mecánica de un conducto radicular que tenga la capacidad de limpiar diversas y complejas anatomías para la eliminación adecuada del tejido dentinario dañado, sin embargo, también se busca lograr una conformación del conducto mediante una preparación mínimamente invasiva preservando la forma original del conducto para así evitar errores como la transportación del conducto radicular. Debido a esto, esta investigación se plantea comparar la transportación generada por dos instrumentos rotatorios de NiTi (ProTaper Gold y M-Pro). Para ello, se analizará la capacidad de cada instrumento de mantener la centricidad en el conducto, midiendo la transportación provocada por cada instrumento, mediante un estudio de CBCT previo y posterior a la instrumentación de órganos dentales unirradiculares.

IV. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, existen múltiples instrumentos de limas rotatorias con diferentes características en sus diámetros, forma, elasticidad y capacidad para la conformación de los conductos radiculares. La presencia de una desviación del conducto radicular provocada por los instrumentos rotatorios es uno de los accidentes durante la instrumentación que puede comprometer un tratamiento de conductos, debido a que impide realizar una limpieza y conformación adecuada del sistema de conductos, dejando una zona de restos orgánicos y una zona con un desgaste excesivo de dentina, causando la debilidad del tejido remanente complicando así el pronóstico y el éxito del tratamiento. Este estudio determinará la transportación de los conductos provocada por dos sistemas de limas rotatorias de NiTi (ProTaper Gold y M-Pro) durante la instrumentación biomecánica. Debido a que el sistema M-Pro es relativamente nuevo en el mercado y no ha sido tan estudiado previamente, no existe evidencia de como trabaja este instrumento en comparación con otros sistemas de limas rotatorias, en este caso se evaluará junto con el sistema ProTaper Gold, que es un sistema que ha sido estudiado bastante anteriormente. Este estudio pretende aportar al campo de endodoncia un mayor conocimiento sobre ambos instrumentos y de esta manera tener un mejor criterio al momento de elegir los instrumentos a utilizar para realizar un tratamiento conductos y evitar en mayor medida la transportación de los conductos radiculares.

V. HIPÓTESIS

5.1. TRANSPORTACIÓN

5.1.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO

A través de la caracterización planteada se identificarán diferencias en la transportación provocadas por los instrumentos M-Pro y ProTaper Gold.

5.2. DESVIACIÓN EN GRADOS

5.2.1. HIPÓTESIS NULA (H_0)

No existirá diferencia estadísticamente al comparar la desviación del conducto radicular provocada por los instrumentos M-Pro y ProTaper Gold, con un nivel de confianza de 95%.

5.2.2. HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H_1)

Existirá diferencia estadísticamente al comparar la desviación del conducto radicular provocada por los instrumentos M-Pro y ProTaper Gold, con un nivel de confianza de 95%.

VI. OBJETIVO

6.1. OBJETIVO GENERAL

Comparar la transportación provocada por los instrumentos rotatorios de NiTi ProTaper Gold y M-Pro, en órganos dentales extraídos a través de CBCT.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Adquirir CBCT previa a la instrumentación con los sistemas de limas rotatorias de los conductos en dientes extraídos.
2. Realizar la preparación mecánica de los dientes extraídos utilizando los sistemas de limas rotatorias de NiTi (M-Pro y ProTaper Gold).
3. Comparar mediante CBCT la transportación generada por los sistemas de limas rotatorias de NiTi (M-Pro y ProTaper Gold) después de la instrumentación de los conductos.
4. Analizar con el software para análisis de imagen ImageJ las imágenes obtenidas del CBCT pre- y post-instrumentación para su medición.

VII. VARIABLES

7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Tipo de sistema (Sistema de limas rotatorias ProTaper Gold y sistema de limas rotatorias M-Pro)

7.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Transportación generada en los conductos radiculares

Desviación en grados

7.3. OPERACIÓN DE VARIABLES

La transportación y desviación en grados generada por los instrumentos rotatorios de NiTi objeto de estudio fue evaluada a través de un estudio *in vitro* en órganos dentales unirradiculares extraídos. Para ello, se tomó una CBCT de los 20 órganos dentales montados sobre un modelo de estudio antes de realizar la instrumentación con los sistemas de limas rotatorias. Los 20 órganos dentales fueron divididos en dos grupos aleatoriamente ($n= 10$): Grupo 1 (M-Pro) y Grupo 2 (ProTaper Gold). Posteriormente, se instrumentaron las muestras con cada uno de los sistemas, y se adquirió una CBCT post instrumentación. Para evaluar la transportación se analizaron las imágenes obtenidas de la CBCT mediante el software de imagen ImageJ. Finalmente, se llevó a cabo un análisis estadístico de los resultados obtenidos.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. TIPO DE ESTUDIO

Experimental

8.2. UNIVERSO DE ESTUDIO

20 órganos dentales extraídos unirradiculares divididos en dos grupos aleatoriamente (n=10).

Grupo 1: órganos dentales instrumentados con sistema M-Pro

Grupo 2: órganos dentales instrumentados con sistema ProTaper Gold

8.3. CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Órganos dentales unirradiculares
- Órganos dentales con formación radicular completa
- Órganos dentales en buen estado

8.4. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Órganos dentales fracturas radiculares
- Órganos dentales con conductos calcificados
- Órganos dentales con tratamiento de conductos previo

8.5. MATERIALES E INSTRUMENTAL

20 órganos dentales unirradiculares de extracción reciente, para montar los dientes extraídos 1 modelo de estudio, para la preparación del acceso 1 pieza de mano de alta velocidad utilizando 5 fresas de bola; #4 y #5, 5 fresas EndoZeta (Dentsply Maillefer, Ballaiguez, Switzerland), para establecer la conductometría 20 limas manuales tipo k; #10, #15, #20 y #25 (Dentsply Maillefer, Ballaiguez, Switzerland), y 1 EndoRing II

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

(Jordco), para realizar la instrumentación 10 limas rotatorias ProTaper Gold (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), 10 limas rotatorias M-Pro (IMD), y 1 motor E-connect S (Eighteeth), para la irrigación hipoclorito de sodio al 5.25%, 1 aguja y 1 jeringa, para obtener imágenes previas y posteriores a la instrumentación 1 tomógrafo computarizado, y para capturar evidencia 1 cámara fotográfica.

8.6. METODOLOGÍA

8.6.1. PREPARACIÓN DE LOS ÓRGANOS DENTALES PARA LA INSTRUMENTACIÓN

Se realizó el acceso a los 20 órganos dentales unirradiculares con una fresa de bola de carburo #4 y 5, posteriormente se conformó la cavidad con una fresa EndoZeta y se irrigó con hipoclorito de sodio al 5.25%. Se tomó la conductometría utilizando las limas tipo k #10 y #15, se estableció la longitud de trabajo 1 mm antes del foramen apical. Posteriormente, se instrumentó con las limas manuales tipo K hasta la lima #20, irrigando después de cada lima y se montaron en el modelo de estudio. Finalmente, se separaron los órganos dentales en dos grupos de estudio aleatoriamente (n= 10): grupo 1 (M-Pro) y grupo 2 (ProTaper Gold).



Figura 6. Órganos dentales extraídos montados sobre modelo de estudio.

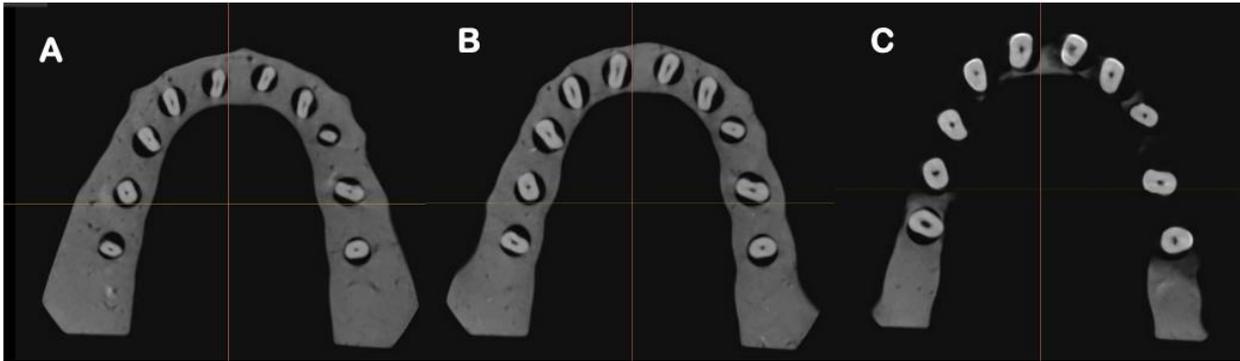


Figura 7. CBCT de tercio apical, medio y cervical previo a la instrumentación.

En la figura se observa una CBCT de la muestra de órganos dentales unirradiculares montados sobre un modelo de estudio de yeso a nivel de los tercios apical (A) medio (B) y cervical (C).

8.6.2. INSTRUMENTACIÓN GRUPO 1: M-PRO

Para la instrumentación se siguieron las indicaciones del fabricante utilizando un paquete de limas nuevas para cada órgano dental. Los conductos de cada órgano dental fueron instrumentados inicialmente con el abridor del sistema 18/0.09, siempre garantizando que el órgano dental se encuentre en la misma posición hacia vestibular, posteriormente con la lima 20/0.04 y finalmente con la lima 25/0.06. Cada lima rotatoria fue introducida y activada dentro del conducto radicular realizando movimientos de picoteo, posteriormente los órganos dentales fueron montados en un modelo de estudio para poder ser escaneados mediante un CBCT. La instrumentación fue realizada por el mismo operador.



Figura 8. Instrumentación de órganos dentales unirradiculares.

8.6.3. INSTRUMENTACIÓN GRUPO 2: PROTAPER GOLD

Para la instrumentación se siguieron las indicaciones del fabricante utilizando un paquete de limas nuevas para cada órgano dental. Los conductos de cada órgano dental de esta muestra fueron instrumentados primeramente con el abridor SX (19), siempre garantizando que el órgano dental en la misma posición hacia vestibular, posteriormente con las limas S1 (17), S2 (20), F1 (20/0.06), F2 (25/0.06), y F3 (30/0.06) consecutivamente con un motor E-Connect S (Eighteeth). Cada lima rotatoria fue introducida y activada dentro del conducto radicular de 3 a 5 segundos, realizando inicialmente movimientos de picoteo y después movimientos de pinceladas hacia vestibular, lingual, mesial y distal, posteriormente los órganos dentales fueron montados en un modelo de estudio para poder ser escaneados mediante un CBCT. La instrumentación fue realizada por el mismo operador.

8.6.4. EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN

Se calculó la transportación del conducto radicular provocada a partir del análisis de imagen de CBCT adquiridos en los tercios apical, medio y cervical antes y después de la instrumentación con los instrumentos rotatorios objeto de estudio. Se determinaron las relaciones de cambio de longitud del tejido dental entre la pared del conducto y el borde

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

externo de la raíz en las direcciones vestibular-lingual y mesial-distal, estableciendo trayectorias rectas ortogonales que pasaron por el centro del conducto. Se empleó el software de análisis de imagen ImageJ. Las mediciones en los tercios apical, medio y cervical se midieron a las alturas de 3, 6 y 9 mm con respecto al ápice del órgano dental. Se designaron como transportación, los casos en los que se observó diferencia cuantitativa entre las relaciones de longitud medidas. Los resultados obtenidos se representaron en gráficos tipo radial en función del instrumento empleado y tercio caracterizado.

8.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico de los resultados de la desviación del conducto se llevó a cabo empleando el método de Análisis de la Varianza (ANOVA, por sus siglas en inglés) de un factor. La diferencia fue considerada como significativa $p < 0.05$.

IX. RESULTADOS

9.1. EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN

Para evaluar la transportación generada por los instrumentos rotatorios de NiTi se realizó un estudio *in vitro* en 20 órganos dentales. Para ello, las imágenes obtenidas de la trayectoria de los conductos de una CBCT pre- y post-instrumentación fueron evaluadas a través del software de análisis de imagen ImageJ. A partir de las imágenes se evaluó la desviación en dirección vestibular (V), lingual (L), mesio-vestibular (M-V), disto-vestibular (D-V), mesio-lingual (M-L), y disto-lingual (D-L) con cada instrumento. Los resultados se muestran en las figuras 9 - 12 y en las gráficas 1, 2 y 3.

A partir de las figuras 9 y 10 se puede observar en una CBCT pre- y post-instrumentación a nivel de los tercios apical, medio y cervical del conducto. En las imágenes se puede apreciar la desviación en la trayectoria de los conductos con los sistemas de limas rotatorias M-Pro y ProTaper Gold (figuras 9 y 10, respectivamente). Por otro lado, en las figuras 11 y 12 se muestra una imagen representativa de las imágenes capturadas de las CBCT pre- y post-instrumentación sobrepuestas, donde se distingue la transportación generada en distintas direcciones del conducto después del tratamiento con los instrumentos rotatorios M-Pro y ProTaper Gold respectivamente.

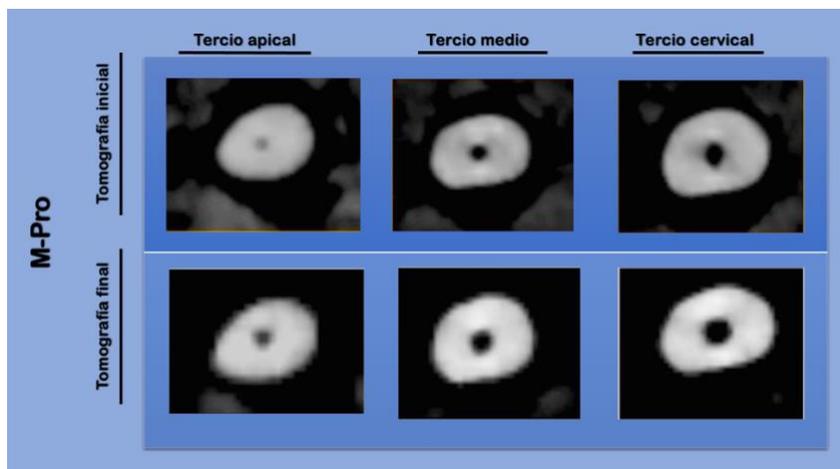


Figura 9. CBCT pre- y post-instrumentación en un corte axial con limas rotatorias M-Pro.

En la figura se observa un CBCT pre- y post-instrumentación en un corte axial en los tercios apical, medio y cervical de las muestras instrumentadas con las limas rotatorias M-Pro.

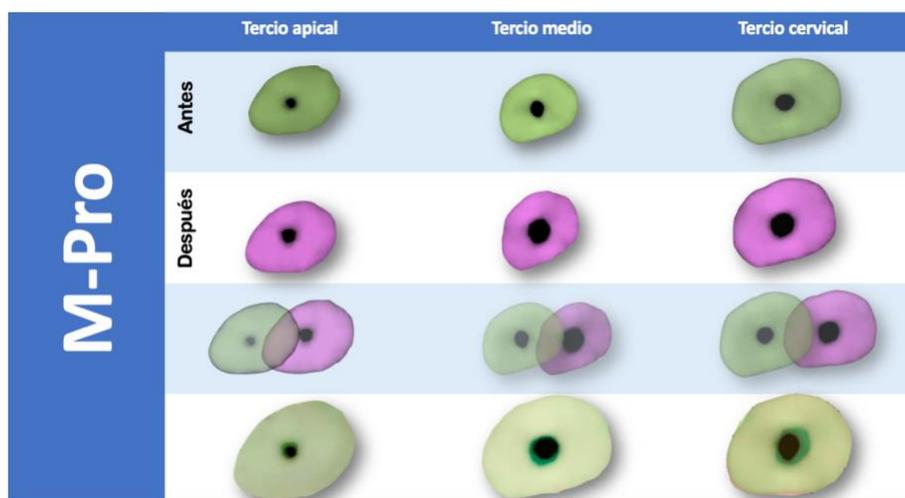


Figura 10. Sobreposición de imágenes de CBCT pre- y post- instrumentación en un corte axial con las limas M-Pro en los tercios apical, medio y cervical.

En la figura se observan las imágenes tomadas del estudio de CBCT pre- y post-instrumentación con el sistema de limas rotatorias M-Pro, así como la superposición de ambas imágenes, donde se muestra la dirección de la transportación generada en cada tercio del conducto.

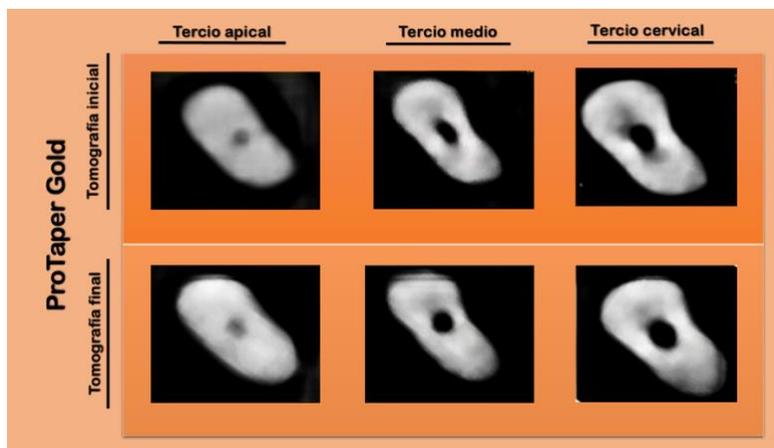


Figura 11. CBCT pre- y post-instrumentación en un corte axial con limas rotatorias ProTaper Gold en los tercios apical, medio y cervical.

En la figura se observa un CBCT pre- y post-instrumentación en un corte axial en los tercios apical, medio y cervical de las muestras instrumentadas con las limas rotatorias ProTaper Gold.

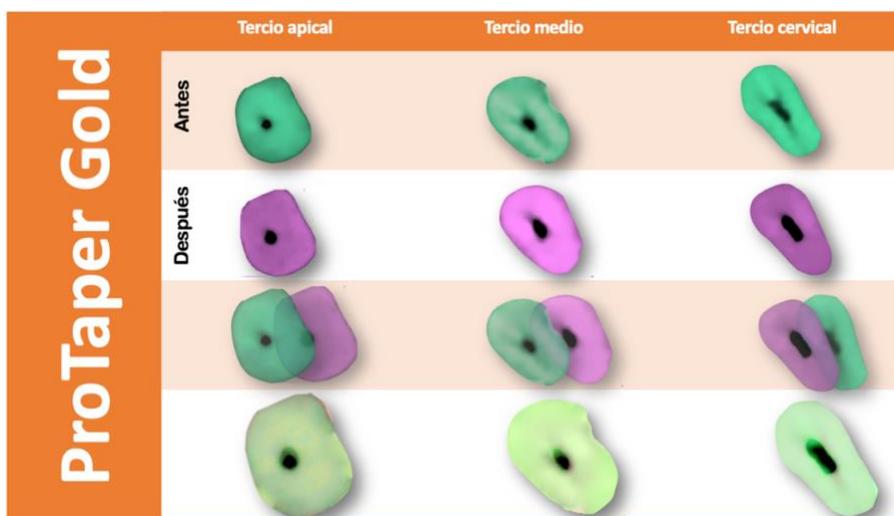
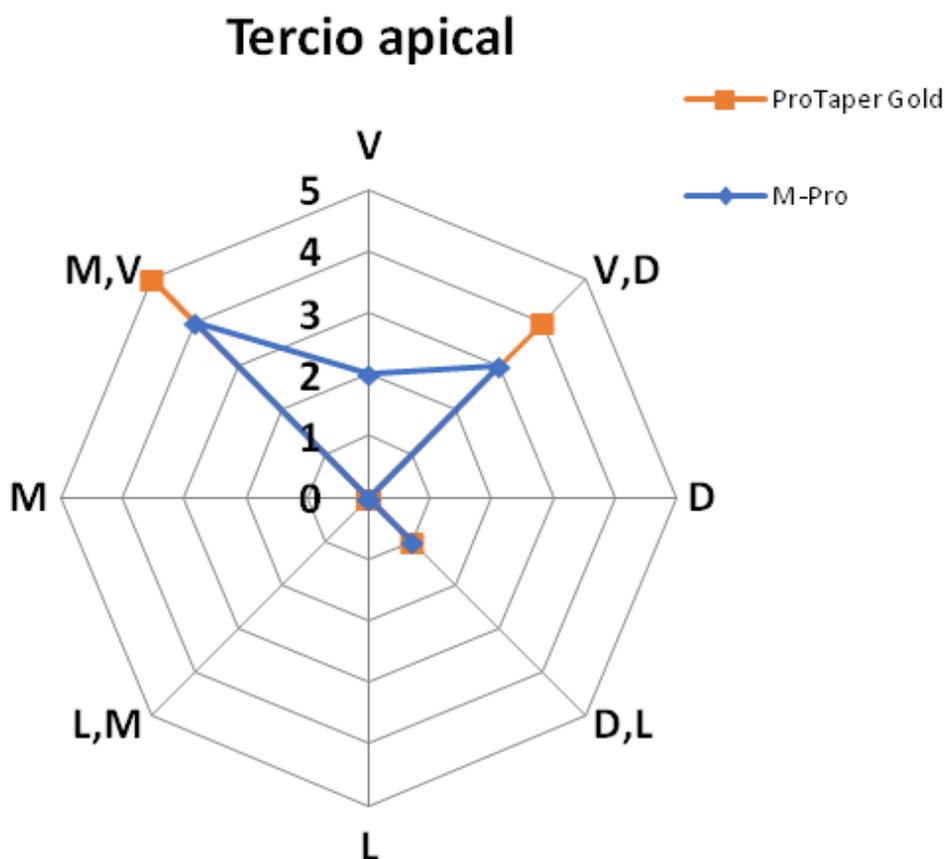


Figura 12. Sobreposición de imágenes de CBCT pre- y post- instrumentación en un corte axial con limas ProTaper Gold en los tercios apical, medio y cervical.

En la figura se observan las imágenes obtenidas del estudio de CBCT pre- y post-instrumentación con el sistema de limas rotatorias ProTaper Gold, así como la sobreposición de ambas imágenes, donde se muestra la dirección de la transportación generada en los tercios apical, medio y cervical.

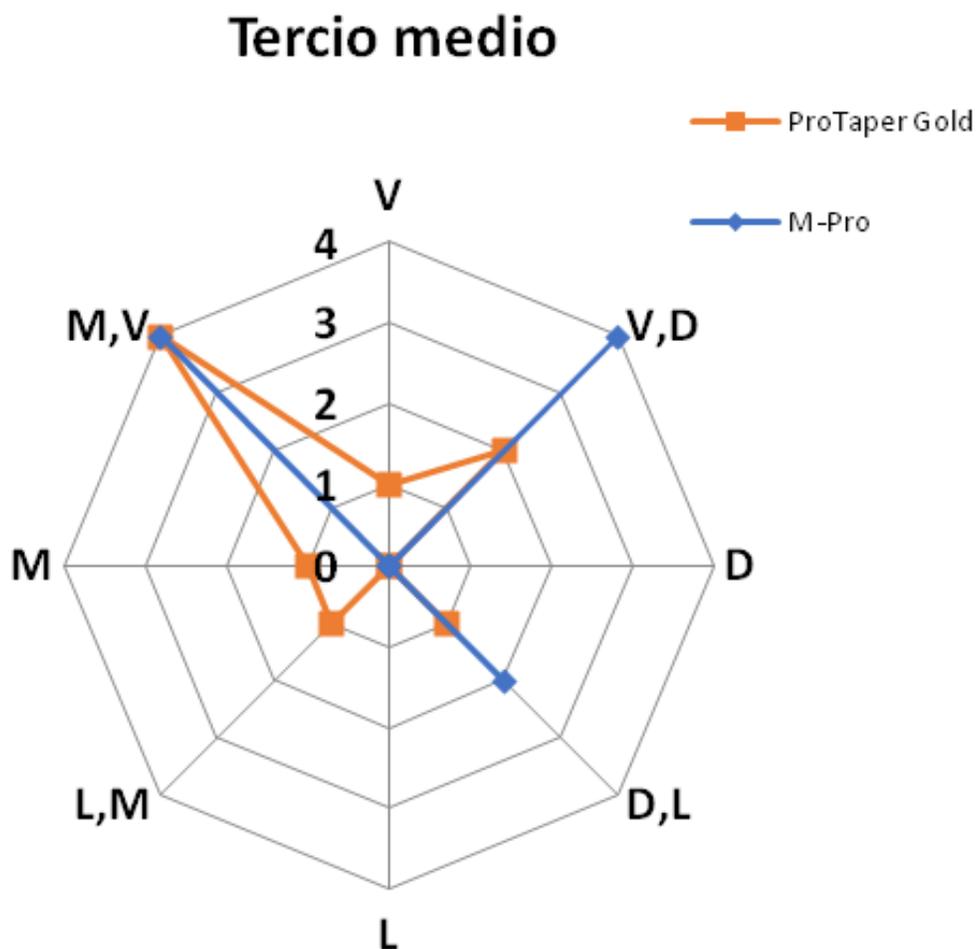
En la gráfica 1 se representan los resultados de la evaluación de la transportación generada en los conductos radiculares a nivel del tercio apical. Se observó que de las 10 muestras instrumentadas en el grupo 1 (M-Pro), 2 muestras presentaron una transportación en dirección vestibular, 3 disto-vestibular, 1 disto-lingual y 4 mesio-vestibular. En lo que respecta al grupo 2 (ProTaper Gold) se observó que de las 10 muestras instrumentadas, 4 presentaron transportación en dirección disto-vestibular, 1 disto-lingual y 5 mesio-vestibular.



Gráfica 1. Transportación generada en el tercio apical por instrumentos M-Pro y ProTaper Gold en dirección V, L, M, D, M-V, M-L, D-V y D-L.

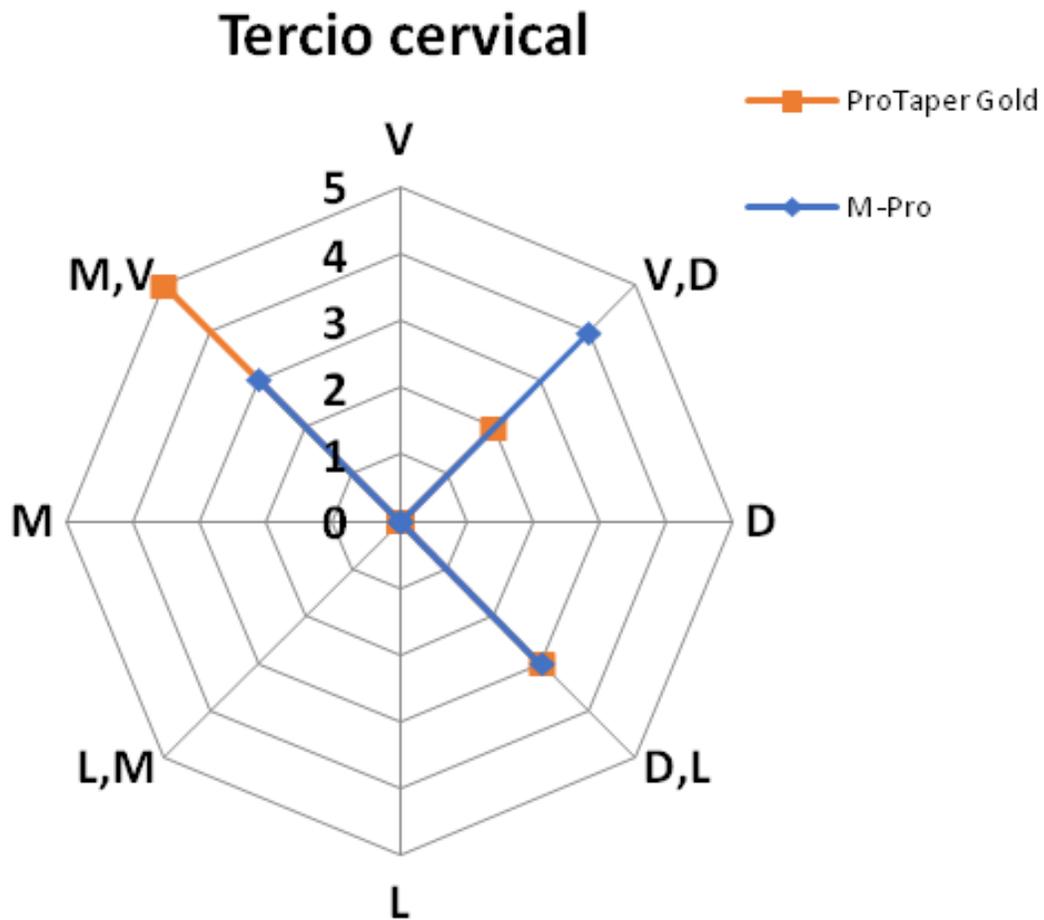
En la gráfica 2 se muestran los resultados obtenidos de la transportación generada en el tercio medio. Se observó que de las 10 muestras instrumentadas en el grupo 1 (M-Pro) 4 muestras presentaron una transportación en dirección disto-vestibular, 2 disto-lingual y 4 mesio-vestibular. En lo que respecta al grupo 2 (ProTaper Gold) se observó que de

las 10 muestras, 1 presentó transportación en dirección vestibular, 2 en sentido disto-vestibular, 1 disto-lingual, 1 mesio-lingual, 1 mesial y 4 mesio-vestibular.



Gráfica 2. Transportación generada en el tercio medio por instrumentos M-Pro y ProTaper Gold en dirección V, L, M, D, M-V, M-L, D-V y D-L.

En la gráfica 3 se representan los resultados de la evaluación de la transportación generada en los conductos radiculares a nivel del tercio cervical. Se observó que de las 10 muestras instrumentadas en el grupo 1 (M-Pro) 4 presentaron una transportación en dirección disto-vestibular, 3 disto-lingual y 3 mesio-vestibular. En lo que respecta al grupo 2 (ProTaper Gold), se observó que de las 10 muestras instrumentadas, 2 presentaron transportación en dirección disto-vestibular, 3 disto-lingual y 3 mesio-vestibular.



Gráfica 3. Transportación generada en el tercio cervical por instrumentos M-Pro y ProTaper Gold en dirección V, L, M, D, M-V, M-L, D-V y D-L.

9.2. EVALUACIÓN DE DESVIACIÓN EN GRADOS.

Para evaluar la desviación de los conductos se realizó un estudio *in vitro* en 20 órganos dentales. Para ello, se evaluó a través del software de análisis de imagen ImageJ la trayectoria del centro del conducto buscando siempre un punto fijo en el órgano dental en las imágenes obtenidas de una CBCT pre- y post-instrumentación.

En la figura 13, se observa una imagen representativa de la evaluación de la desviación de la trayectoria del conducto a partir de las imágenes obtenidas de una CBCT pre- y post-instrumentación a través del software de análisis de imagen ImageJ.

En las figuras 14 y 15, se pueden observar imágenes representativas de las imágenes capturadas de una CBCT pre- y post-instrumentación sobrepuestas donde se distingue la desviación de la trayectoria original del conducto después del tratamiento con los instrumentos rotatorios M-Pro y ProTaper Gold respectivamente.

En la grafica 4 se muestran los resultados de la evaluación de la desviación en grados de la trayectoria de los conductos después de la instrumentación con las limas rotatorias. Se observó que en el grupo 1 (M-Pro) hubo un promedio de 1.1 grados de desviación. En lo que respecta al grupo 2 (ProTaper Gold) se observó un promedio de desviación de 0.8 grados.

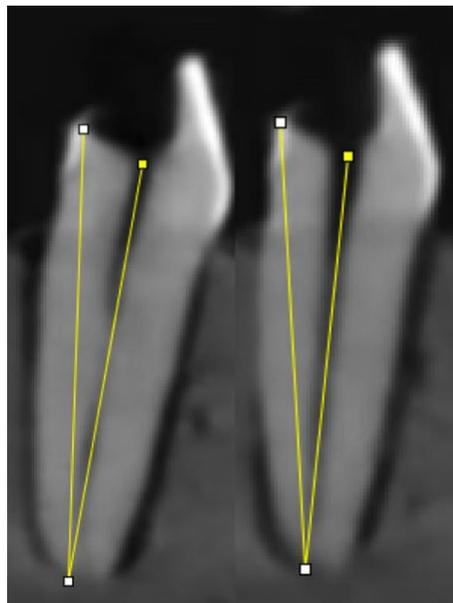


Figura 13. CBCT pre- y post- instrumentación de la angulación de conductos radiculares.

En la figura se puede observar las angulaciones del CBCT pre- y post-instrumentación establecidas mediante el sistema de imagen ImageJ.

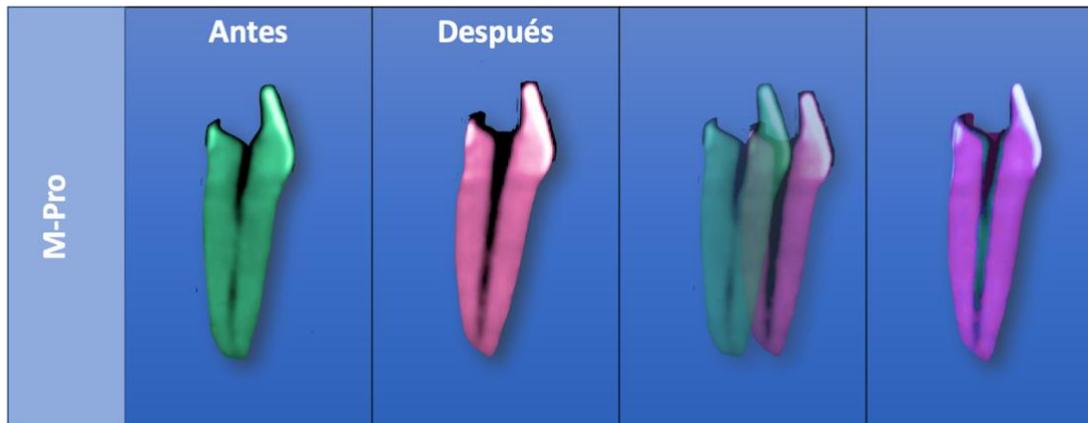


Figura 14. Sobreposición de imágenes de CBCT en un corte sagital antes y después de instrumentación con limas M-Pro.

En la figura se observan las imágenes obtenidas del estudio de CBCT pre- y post-instrumentación en un corte sagital con el sistema de limas rotatorias M-Pro, así como la superposición de ambas imágenes, donde se observa la desviación.

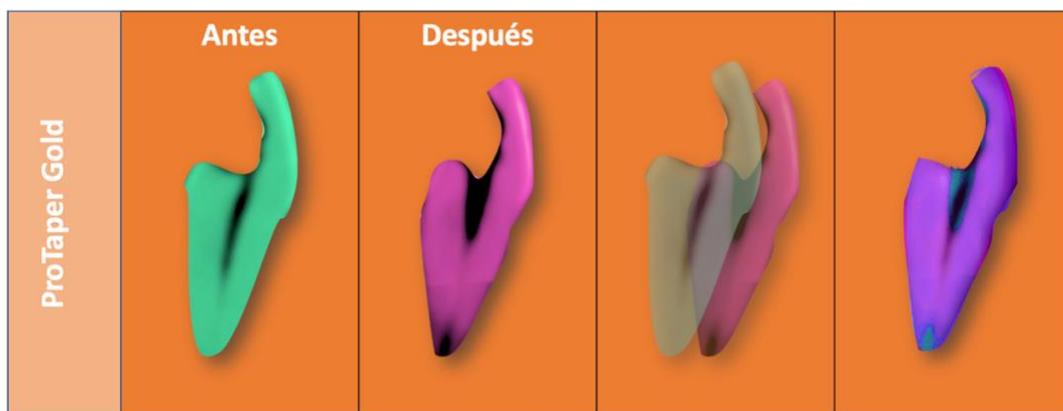
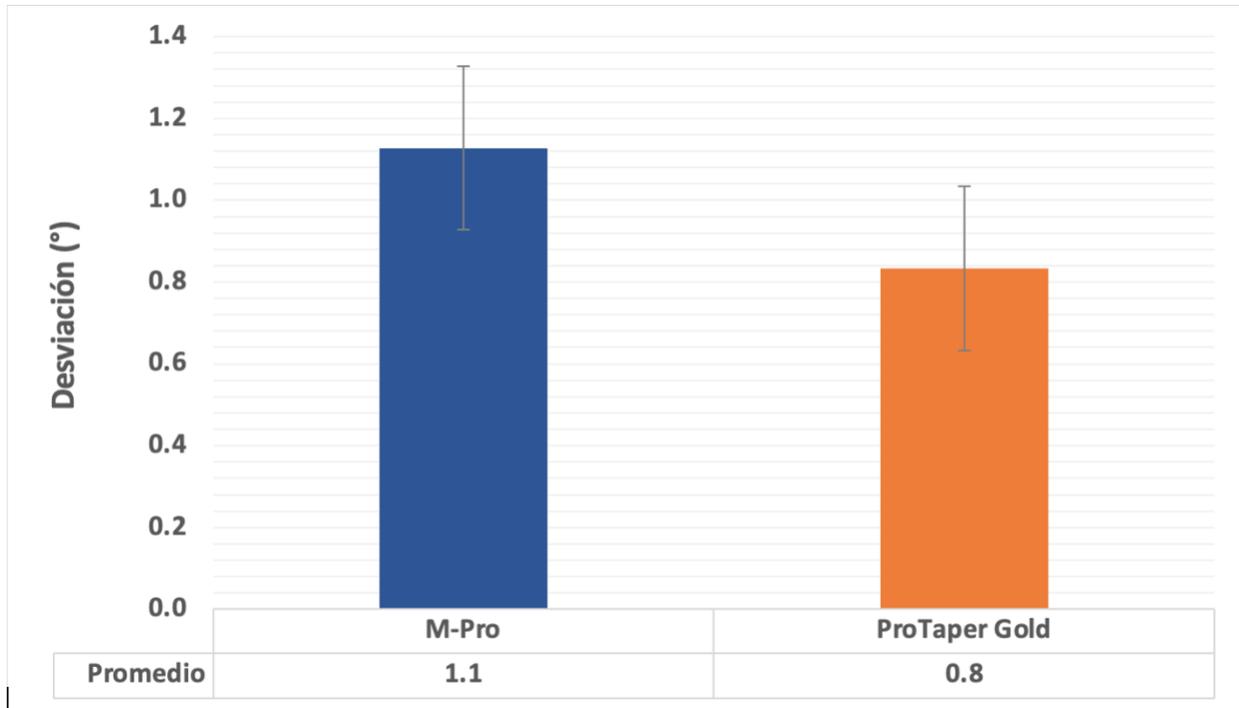


Figura 15. Sobreposición de imágenes de CBCT en un corte sagital antes y después de instrumentación con limas ProTaper Gold.

En la figura se observan las imágenes obtenidas del estudio de CBCT pre- y post-instrumentación en un corte sagital con el sistema de limas rotatorias ProTaper Gold, así como la superposición de ambas imágenes, donde se observa la desviación.



Gráfica 4. Desviación estándar de los sistemas de limas rotatorias de limas rotatorias M-Pro y ProTaper Gold.

Las columnas representan el promedio de los resultados obtenidos y las barras verticales representan la desviación estándar (n= 10).

En lo que respecta al análisis estadístico de los resultados de la desviación en grados de los conductos instrumentados con los sistemas de limas rotatorias, se demostró que no existen diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$) en la desviación en grados generada por los sistemas de limas rotatorias M-Pro y ProTaper Gold. Con base a lo anterior, se comprueba la Hipótesis Nula (H_0) de este trabajo de investigación.

X. DISCUSIÓN

En un estudio realizado por Elnaghy y cols. se determinó que pueden llegar a ocurrir errores durante la instrumentación, generando un desgaste excesivo de la dentina radicular, provocando una transportación en los conductos radiculares, lo cual puede ser una desventaja, afectando el pronóstico del tratamiento endodóntico (31).

En distintas investigaciones previas como el estudio realizado por Hartmann y cols. se ha comparado el uso del sistema de limas rotatorias ProTaper Gold con limas manuales, y se comprobó que existe una mayor desviación de la trayectoria original del conducto con el uso de limas manuales para la instrumentación (32). Así como el estudio realizado por Gagliardi y cols., muchos otros estudios han comparado el sistema ProTaper Gold, ya que, es considerado como uno de los gold standard de sistemas de limas rotatorias (33). Es por esto, que en este estudio se decidió comparar el sistema ProTaper Gold con un instrumento rotatorio relativamente nuevo en el mercado: M-Pro. Existen pocas investigaciones publicadas en las que se ha estudiado el sistema de limas rotatorias M-Pro.

En un estudio realizado por Hashemina y cols, se ha demostrado que según el sistema a utilizar durante la instrumentación disminuye o aumenta el grado de transportación de los conductos radiculares (34).

Por ello, se optó evaluar la desviación generada por los instrumentos rotatorios de NiTi objeto de estudio de esta investigación mediante las imágenes capturadas del CBCT pre- y post-instrumentación con cada sistema. En este estudio, a diferencia de los previos consultados, no se demostró una diferencia estadísticamente significativa entre los dos sistemas de limas rotatorias en cuanto a la desviación en grados de los conductos radiculares instrumentados.

XI. CONCLUSIONES

Este trabajo de investigación se llevó a cabo para evaluar la transportación y desviación en grados provocada con los sistemas de limas rotatorias de NiTi (M-Pro y ProTaper Gold) mediante un estudio de CBCT pre- y post- instrumentación.

1. Se confirmó de manera cualitativa que ambos sistemas de limas rotatorias M-Pro y ProTaper Gold provocaron una transportación de la trayectoria original del conducto en los tercios apical, medio y cervical en diferentes direcciones: vestibular, lingual, mesial, distal, mesio-vestibular, mesio-lingual, disto-vestibular y disto-lingual.
2. A partir de los resultados obtenidos se determinó que ambos sistemas de limas rotatorias generaron una desviación en la trayectoria de los conductos radiculares. En el grupo 1 (M-Pro) se observó un promedio de 1.1 grados de desviación. En lo que respecta al grupo 2 (ProTaper Gold) se observó un promedio de 0.8 grados de desviación. Según el análisis estadístico de los resultados obtenidos no existió diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$) en la desviación en grados de los conductos generada por los sistemas de limas rotatorias M-Pro y ProTaper Gold.
3. A partir de los resultados obtenidos se comprueba la Hipótesis Nula (H_0) de este trabajo de investigación.

XII. RECOMENDACIONES

Se recomienda evaluar la transportación provocada por los instrumentos objeto de estudio en órganos dentales con raíces curvas.

Se recomienda evaluar la transportación de los instrumentos empleando un brazo mecánico para evitar una variación en la posición del instrumento durante la instrumentación.

.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

1. American Association of Endodontists. Glossary of Endodontic Terms. American Association of Endodontists [Internet]. Available from: www.aae.org
2. Kenneth M. McGreaves LHB. Cohen's Pathways Of The Pulp. Eleventh E. Elsevier, editor. Vol. 53, Journal of Chemical Information and Modeling. 2016. 1689–1699 p.
3. Moodnik RM, Dorn SO, Feldman MJ, Levey M, Borden BG. Efficacy of biomechanical instrumentation: a scanning electron microscopic study. J Endod. 1976;2(9):261–6.
4. Peters OA, Peters CI, Basrani B. Limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares. In: Cohen Vías de la Pulpa [Internet]. 2016. p. 209–79. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-84-9113-056-7/00006-7>
5. De Carvalho GM, Sponchiado Junior EC, Garrido ADB, Lia RCC, Roberti Garcia LDF, Franco Marques AA. Apical Transportation, Centering Ability, and Cleaning Effectiveness of Reciprocating Single-file System Associated with Different Glide Path Techniques. J Endod. 2015;41(12):2045–9.
6. Adorno CG, Yoshioka T, Suda H. The Effect of Root Preparation Technique and Instrumentation Length on the Development of Apical Root Cracks. J Endod. 2009;35(3):389–92.
7. Solanki AMM, Jain ATML. Biomechanical preparation in primary molars using manual and three NiTi instruments : a cone - beam - computed tomographic in vitro study. Eur Arch Paediatr Dent [Internet]. 2019;(0123456789). Available from: <https://doi.org/10.1007/s40368-019-00474-0>
8. Cohen, S. y Hargreaves K. Vías de la pulpa. Vol. Vol. 53. 2013.
9. Bartols A, Robra BP, Walther W. The ability of Reciproc instruments to reach full

- working length without glide path preparation: A clinical retrospective study. *PeerJ*. 2017;2017(7).
10. CE DR. Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *J Endod*. 1996;22(7):369–75.
 11. Vorster M, van der Vyver PJ PF. Influence of Glide Path Preparation on the Canal Shaping Times of WaveOne Gold in Curved Mandibular Molar Canals. *J Endod*. 2018;44(5):853–5.
 12. AZDENT. Limas dentales de acero inoxidable para uso manual, limas para endodoncia de 25mm, instrumentos de laboratorio Dental, 6 unidades por paquete|Archivos de conducto radicular dental| [Internet]. ALIEXPRESS. [cited 2021 Sep 18]. Available from: <https://es.aliexpress.com/item/1005001359347885.html>
 13. Aracena Rojas D, Borie E, Fuentes R, Boldt F, Aracena A, Valenzuela R. Evaluación in vitro de la preparación de conductos mesiales de molares con instrumentos manuales Ni-Ti y Protaper Universal rotatorio. *Av Odontoestomatol*. 2013;29(2):73–9.
 14. Dentsply Sirona. Protaper Gold. 2020 [Internet] https://www.dentsply.com/content/dam/dentsply/pim/manufacture/Endodontics/Glide_Path__Shaping/Rotary__Reciprocating_Files/Shaping/ProTaper_Gold_Rotary_Files/ProTaper-Gold-Brochure-p7btcwy-e.
 15. El Feky HM, Ezzat KM, Bedier MMA. Cyclic fatigue resistance of M-Pro and RaCe Ni-Ti rotary endodontic instruments in artificial curved canals: a comparative in vitro study. *Restor Dent Endod*. 2019;44(4):1–11.
 16. Quiroz-Málaga Johanna Elizabeth, W. F. Ramos-Torres A-SEE. Comparación entre los sistemas manual de limas de acero inoxidable y el rotatorio de limas de níquel titanio, en la conformación de conductos radiculares curvos in vitro [Internet]. *Odontología Vital*. 2019 [cited 2022 Jun 6]. p. (31): 31-36. Available from:

http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-07752019000200031&lng=en

17. M Pro Rotary Files [Internet] [Internet]. Dentacarts.com. 2021. p. 18 de Septiembre de 2021. Available from: <https://dentacarts.com/endodontics/consumables/rotary-files/m-pro/>
18. Brasil SC, Marceliano-Alves MF, Marques ML, Grillo JP, Lacerda MFLS, Alves FRF, et al. Canal Transportation, Unprepared Areas, and Dentin Removal after Preparation with BT-RaCe and ProTaper Next Systems. *J Endod.* 2017;43(10):1683–7.
19. Berutti E, Chiandussi G, Paolino DS, Scotti N, Cantatore G, Castellucci A, et al. Canal shaping with waveone primary reciprocating files and protaper system: A comparative study. *J Endod.* 2012;38(4):505–9.
20. Escobar Ocampo A, Henao Bedoya A, Saavedra Amaya J, Serpa Vélez MF, Gutiérrez Barreto J. Transportación y centricidad en conductos curvos con ProTaper Next y PathFile / Transportation and Centering in Curved Canals with ProTaper Next and PathFile. *Univ Odontol.* 2015;34(73):37–46.
21. Hilú R, Pinal FB, Pérez A, Coaguila-Llerena H. Evaluación de la conformación apical de los conductos radiculares con los sistemas Mtwo y Protaper. *Endodoncia (Mex)* [Internet]. 2010;28(4):220–7. Available from: <http://www.medlinedental.com/PDF-DOC/ENDO/VOL28N42.PDF>
22. Peters OA, Laib A, Göhring TN, Barbakow F. Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography. *J Endod.* 2001;27(1):1–6.
23. Transportación [Internet] [Internet]. Iztacala.unam.mx. [cited 2021 Sep 18]. Available from: www.iztacala.unam.mx/rrivas/NOTAS/Notas15Accidentes/limtransportacion.html

24. Chogle S, Zuaitar M, Sarkis R, Saadoun M, Mecham A ZY. The Recommendation of Cone-beam Computed Tomography and Its Effect on Endodontic Diagnosis and Treatment Planning. *J Endod.* 2020;46(2):162–8.
25. Madhu K. Nair MIFE. Use of Cone Beam Computed Tomography in Endodontics 2015 Updates: Position paper of The American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology/ American Association of Endodontists. *Atmos Env.* 2016;
26. Aydın ZU, Keskin NB, Özyürek T, Geneci F, Ocak M ÇH. Microcomputed Assessment of Transportation, Centering Ratio, Canal Area, and Volume Increase after Single-file Rotary and Reciprocating Glide Path Instrumentation in Curved Root Canals: A Laboratory Study. *J Endod.* 2019;45(6):791–6.
27. Elashiry MM, Saber SE ES. Comparison of Shaping Ability of Different Single-File Systems Using Microcomputed Tomography. *Eur J Dent.* 2020;14(1):70–6.
28. Min Y, Ma JZ, Shen Y, Cheung GSP, Gao Y. A micro-computed tomography study of the negotiation and anatomical feature in apical root canal of mandibular molars. *Wiley Period.* 2016;38(6):819–24.
29. Al-Salehi SK HK. Impact of cone beam computed tomography (CBCT) on diagnostic thinking in endodontics of posterior teeth: A before- after study. *J Dent.* 2016;53:57–63.
30. Kakavetsos VD, Markou ME TG. Assessment of Cone-beam Computed Tomographic Referral Reasons and the Impact of Cone-beam Computed Tomographic Evaluation on Decision Treatment Planning Procedure in Endodontics. *J Endod.* 202AD;46(10):1414–9.
31. Elnaghy AM, Elsaka SE. Evaluation of root canal transportation, centering ratio, and remaining dentin thickness associated with ProTaper next instruments with and without glide path. *J Endod [Internet].* 2014;40(12):2053–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2014.09.001>

32. Hartmann MSM, Barletta FB, Camargo Fontanella VR, Vanni JR. Canal Transportation after Root Canal Instrumentation: A Comparative Study with Computed Tomography. *J Endod.* 2007;33(8):962–5.
33. Gagliardi J, Versiani MA, De Sousa-Neto MD, Plazas-Garzon A, Basrani B. Evaluation of the shaping characteristics of ProTaper Gold, ProTaper NEXT, and ProTaper Universal in curved canals. *J Endod.* 2015;41(10):1718–24.
34. Hasheminia SM, Farhad A, Sheikhi M, Soltani P, Hendi SS, Ahmadi M. Cone-beam Computed Tomographic Analysis of Canal Transportation and Centering Ability of Single-file Systems. *J Endod [Internet].* 2018;44(12):1788–91. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.09.011>