



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E  
INVESTIGACIÓN

TESIS

“EVALUACIÓN *IN VITRO* DE LA TRANSPORTACIÓN  
APICAL POR CONE BEAM DE DOS PROTOCOLOS DE  
INSTRUMENTACIÓN EMPLEANDO  
LIMAS V-TAPER 2H”.

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
ESPECIALISTA EN ENDODONCIA

PRESENTA:

L.O. MARÍA FERNANDA TAMAYO LIZÁRRAGA

ASESOR DE TESIS:  
M.O. MARTÍN ALBERTO LOEZA RAMÍREZ

ASESOR METODOLÓGICO:  
DRA. MARÍA GUADALUPE CARREÓN GARCIDUEÑAS

MORELIA, MICHOACÁN, MARZO DE 2020.





## ÍNDICE

GLOSARIO .....	3
RELACIÓN DE FIGURAS Y TABLAS.....	6
RESUMEN .....	7
PALABRAS CLAVE .....	8
ABSTRACT .....	9
INTRODUCCIÓN .....	11
ANTECEDENTES.....	14
ANTECEDENTES GENERALES.....	14
Instrumentos endodónticos .....	14
Preparación biomecánica de los conductos radiculares .....	18
Preparación apical temprana .....	21
ANTECEDENTES ESPECÍFICOS .....	23
V-Taper™ 2H .....	23
JUSTIFICACIÓN.....	28
OBJETIVO .....	30
OBJETIVO GENERAL:.....	30
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	30
HIPÓTESIS.....	31
CLASIFICACIÓN DEL ESTUDIO:.....	31
MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
DESCRIPCIÓN DE PROCEDIMIENTOS.....	32
Criterios de Inclusión:.....	32
Criterios de Exclusión: .....	32



“EVALUACIÓN IN VITRO DE LA TRANSPORTACIÓN APICAL POR CONE BEAM DE DOS  
PROTOCOLOS DE INSTRUMENTACIÓN EMPLEANDO LIMAS V-TAPER 2H”.

Criterios de eliminación.....	32
Selección y preparación de las muestras .....	33
Procedimiento de instrumentación .....	40
Análisis de imagen.....	46
<b>ANÁLISIS BIOESTADÍSTICO.....</b>	<b>50</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>50</b>
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>60</b>
<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>64</b>
Conflicto de intereses .....	64
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>65</b>



## **GLOSARIO**

Escalón: Irregularidad artificial creada en la superficie de la pared del conducto radicular que impide la colocación de instrumentos en el centro del conducto.

Fase austenítica: Fase cristalina sin tensión del acero inoxidable y la aleación de níquel y titanio.

Fase martensítica: Forma cristalina de metal. En el níquel titanio, esta forma más flexible se produce como resultado de cambios térmicos de la aleación o la aplicación de tensión.

Fatiga cíclica: Resultado de repetidos ciclos de compresión y tensión que ocurren en la aleación al rotar el instrumento en el interior de la curvatura del conducto radicular; los ciclos repetidos de cargas de flexión – torsión, ocasionan la fractura del instrumento en el punto máximo de flexión.

Fatiga torsional: Cuando la punta o estrías del instrumento en rotación queda atascada a la pared del conducto, mientras que el resto del instrumento sigue girando; Las cargas de corte del instrumento llegan a exceder el límite elástico de la aleación sobreviniendo la deformación plástica de la aleación y por último, la fractura.



Instrumentación: Limpieza y conformación del espacio del conducto radicular utilizando instrumentos manuales o motorizados.

Instrumentación: Movimiento dinámico de una lima para efectuar de manera óptima el desbridamiento del conducto radicular; en la instrumentación manual predomina un movimiento de empuje (raspado), rotacional (escariado) o una combinación de los dos. Los movimientos de limas impulsados por motor pueden ser rotativo y recíprocante.

Lima NiTi: Instrumento manual o rotatorio fabricado con aleación de níquel-titanio superelástico disponible en una variedad de diseños diferentes.

Lima tipo K: Instrumento con bordes cortantes en espiral que realiza su acción de corte con movimientos de empuje, giro o tiro. Las configuraciones transversales incluyen romboidal, cuadrangular y triangular.

Níquel-Titanio: Aleación de níquel y titanio, también conocida como “NiTi” o “nitinol”, con propiedades únicas de flexibilidad y memoria de formas; El nitinol se utiliza en odontología para el alambre de ortodoncia y limas de endodoncia.

Perforación: Comunicación mecánica o patológica entre el sistema del conducto radicular y la superficie externa del diente.

Preparación Apical Temprana (PAT): Fase de la instrumentación con la que se busca, así como en el acceso radicular, que los instrumentos NiTi trabajen en la porción apical con un mínimo de estrés posible.



Preparación biomecánica: Uso de instrumentos rotatorios y/o manuales para exponer, limpiar, ampliar y conformar el espacio del conducto radicular, generalmente en conjunto con irrigantes.

Preparación químico mecánica: Uso de productos químicos para la irrigación del conducto radicular, desmineralización de dentina, disolución del tejido pulpar y neutralización de productos bacterianos y sus toxinas; utilizado en conjunto con la preparación biomecánica.

Preparación radicular: Procedimientos involucrados en la limpieza y conformación del sistema de conductos antes de la obturación.

Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT): Imagen computarizada de diagnóstico tridimensional de un haz en forma de cono para la valoración de los dientes y las estructuras de soporte.

Transportación: Remoción excéntrica de la estructura de la pared del conducto hacia la parte externa de la curvatura del conducto debido a la tendencia de las limas a recuperar su forma original durante la preparación del conducto radicular.



## RELACIÓN DE FIGURAS Y TABLAS

<b>Número de figura, tabla o gráfica.</b>	<b>Página</b>
Figura 1: Imagen que representa las diversas formas cristalográficas de la aleación NiTi.	14
Figura 2: Diagrama que representa el efecto de memoria de la aleación NiTi.	15
Figura 3: Diagrama que representa el efecto de memoria de la aleación NiTi.	15
Figura 4: Histéresis de transformación martensítica.	16
Figura 5: Tamaños disponibles en el mercado de los instrumentos V-Glide Path™ 2H y V-Taper™ 2H.	22
Figura 6: V Taper 2H tiene tres capas: TiO <sub>2</sub> (flecha negra), Ni <sub>3</sub> Ti (flecha blanca continua) y NiTi (flecha blanca discontinua).	23
Figura 7: El tamaño de los granos de NiTi aumentó desde la superficie (flecha blanca) hacia el interior (flecha negra).	24
Figura 8: Análisis de patrón de difracción de área seleccionada de la microestructura interna de V-Taper™ 2H reveló que esta se compone principalmente de una fase NiTi B2 (austenita).	24
Figura 9: Análisis de patrón de difracción de área seleccionada, también se identificó.	25
Figura 10: Se seleccionaron 99 primeros y segundos molares inferiores.	33
Figura 11: Selección de molares con forámenes independientes.	34
Figura 12: Raíces mesiales seccionadas.	35
Figura 13: Muestras en silicón por adición montadas en dispositivo prefabricado y escáner radiográfico ScanX Duo, Air Techniques.	36
Figura 14: Radiografías que muestran el ángulo de la curvatura de las raíces según método de Schneider.	37
Figura 15: Muestras montadas en plantilla de silicón listas para obtener imagen tomográfica.	38
Figura 16: Orthopantomograph OP300	38
Figura 17: Imagen corte axial obtenida con tomografía Cone-Beam a 1 mm del vértice apical en una de las muestras.	39
Figura 18: Secuencia de instrumentación grupo VT.	42
Figura 19: Secuencia de instrumentación grupo VTH.	44
Imagen 20: Comparación de mediciones pre instrumentación y post instrumentación.	47
Tabla 1: Datos obtenidos plasmados en una hoja de cálculo para su posterior evaluación.	48
Gráfica 1: Promedio en milímetros de la transportación mesio-distal.	50
Gráfica 2: Promedio en milímetros de la transportación Vestíbulo-lingual.	51
Gráfica 3: Promedio en milímetros de la transportación Vestíbulo-Lingual de los conductos vestibulares (a) de raíces mesiales.	52
Gráfica 4: Promedio de transportación Vestíbulo-Lingual de los conductos linguales (b) de raíces mesiales.	52
Gráfica 5: Promedio en milímetros de transportación Mesio-Distal de los conductos vestibulares (a).	53
Gráfica 6: Promedio en milímetros de transportación Mesio-Distal de los conductos linguales (b).	54
Gráfica 7: Promedio en minutos de los tiempos de instrumentación.	55
Imagen 21: Imagen obtenida del microscopio dental, donde se observan dos limas deformadas.	56
Tabla 2: Número de lima, ubicación y descripción de la deformación de las limas utilizadas durante la instrumentación.	57
Gráfica 8: Número de limas deformadas durante la instrumentación.	57



## **RESUMEN**

El propósito de este estudio fue comparar mediante tomografía computarizada de haz cónico CONE-BEAM la transportación apical en raíces mesiales de primeros y segundos molares inferiores, de los instrumentos V-Taper 2H con dos protocolos de instrumentación *in vitro*.

**MÉTODOS:** Se seleccionaron 26 raíces mesiales de primeros y segundos molares inferiores de reciente extracción que cumplieran los criterios de inclusión. Se dividieron en dos grupos de estudio de 13 raíces (26 conductos) cada uno y un grupo control. La preparación de los conductos radiculares se realizó utilizando instrumentos V-Taper 2H; por una parte, los conductos del grupo VT se instrumentaron siguiendo las instrucciones del fabricante, por otra parte, el grupo VTH se instrumentó siguiendo un protocolo de preparación apical temprana que combina movimientos de reciprocación y rotación. Se tomaron imágenes CONE-BEAM antes y después de la preparación de los conductos, se hicieron cortes transversales digitales a 1 mm apical. Los resultados de los experimentos se expresaron como promedios más menos error estándar (e.e) de 26 conductos (n=26). Las diferencias entre los datos se analizaron por medio de un análisis de varianza (ANOVA) seguido de la prueba de Mann-Whitney usando el programa Sigma Plot (versión 11.0; SPSS Inc).



**RESULTADOS:** El grupo VT mostró una menor transportación apical que el grupo VTH en todos los parámetros, sin embargo, esta no fue estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ).

**CONCLUSIONES:** Aunque el grupo VT mostró una menor tendencia de transportación apical comparado con el grupo VTH, esta no fue significativa. Sin embargo, la idea de un protocolo de instrumentación de preparación apical temprana no se descarta, pues aunque no fue el objetivo principal de este estudio, se observó una diferencia significativa en el número de instrumentos deformados durante la instrumentación.

### **PALABRAS CLAVE**

V-Taper 2H, Transportación Apical, Instrumentación, Preparación Apical Temprana, Cone-Beam, CBCT.



## **ABSTRACT**

The purpose of this study was to compare by apical cone beam computed tomography CONE-BEAM the apical transportation in mesial roots of the first and second lower molars of the V-Taper 2H instruments with two in vitro instrumentation protocols.

**METHODS:** Twenty-six recently extracted lower first and second molar mesial roots that met the inclusion criteria were selected. They were divided into two study groups of 13 roots (26 canals) each and a control group. The preparation of the root canals was performed using V-Taper 2H instruments; On the one hand, the ducts of the VT group were instrumented following the manufacturer's instructions, on the other hand, the VTH group was instrumented following an early apical preparation protocol that combines reciprocal movements and rotation. CONE-BEAM images were taken before and after the preparation of the canals, digital cross sections were made at 1 mm apical. The results of the experiments were expressed as means plus minus standard error (e.e) of 26 conduits (n = 26). Differences between the data were analyzed by means of an analysis of variance (ANOVA) followed by the Mann-Whitney test using the Sigma Plot program (version 11.0; SPSS Inc).

**RESULTS:** The VT group showed less apical transportation than the VTH group in all parameters, however, this was not statistically significant (P <0.05).



**CONCLUSIONS:** Although the VT group showed a lower tendency for apical transportation compared to the VTH group, this was not significant. However, the idea of an early apical preparation instrumentation protocol is not ruled out, because although it was not the main objective of this study, a significant difference was observed in the number of deformed instruments during instrumentation.



## **INTRODUCCIÓN**

El objetivo principal de la terapia endodóntica es eliminar las bacterias de los conductos radiculares infectados y prevenir su reinfeción (1), a fin de devolver al órgano dentario sus funciones fisiológicas, estética y la salud a los tejidos de soporte periodontal, manteniéndolo en armonía dentro del sistema estomatognático. Una adecuada limpieza, conformación y obturación del conducto radicular son claves para un resultado exitoso del tratamiento endodóntico. (2).

Si bien, el pronóstico favorable del tratamiento depende de correcta ejecución de estos tres pasos, la conformación del sistema de conductos radiculares es esencial, porque esta determinará la eficacia de la desinfección y calidad de la obturación del conducto radicular (3).

La manera de preparar el sistema de conductos se mantiene en un constante cambio. Las investigaciones se han enfocado a encontrar métodos, materiales y técnicas para la limpieza y conformación más seguras, rápidos y eficaces; sin embargo, existe algo que sigue sin cambios: la complejidad de la anatomía interna de los conductos radiculares; la filosofía con la que el clínico considere este factor determinará el pronóstico de éxito del tratamiento de conductos y la longevidad del órgano dentario.

Cumplir con los objetivos establecidos para la preparación (4) suelen ser un verdadero desafío, especialmente cuando se preparan conductos ovalados, estrechos o curvos (5) (3). Sin importar la técnica de instrumentación, sea ésta



manual o mecánica, pueden ocurrir accidentes de procedimiento (6), tales como la formación de un escalón, transportación del trayecto original del conducto, o fractura de un instrumento (6), que ponen en riesgo el resultado favorable del tratamiento de conductos. La facilidad o dificultad para cumplir estos objetivos depende en gran parte del conocimiento de la anatomía y morfología interna del conducto radicular, la experiencia y de habilidades clínicas del operador al seleccionar la técnica e instrumentos más apropiados para el caso particular que esté tratando.

En este contexto, una transportación se identifica como la remoción excéntrica de la estructura de la pared del conducto hacia la parte externa de la curvatura del conducto debido a la tendencia de las limas a recuperar su forma original durante la preparación del conducto radicular. Una transportación puede conducir a la formación de escalones y una posible perforación del conducto o desgarre de la foramina apical (7).

Por otra parte, la fractura de las limas se ha asociado a dos fenómenos físicos que ocurren al someterlos a cargas de trabajo; la fatiga cíclica y torsional (8). La fatiga cíclica es resultado de repetidos ciclos de compresión y tensión que ocurren en la aleación al rotar el instrumento en el interior de la curvatura del conducto (9), mientras una parte del instrumento al pasar por la curva del conducto está en tensión, la otra está sometida a cargas de compresión (10). Los ciclos repetidos de cargas de flexión – torsión, ocasionan la fractura del instrumento, generalmente en el punto máximo de flexión (9).



Por su parte, la fatiga torsional ocurre cuando la punta o estrías del instrumento en rotación quedan atascadas a la pared del conducto, mientras que el resto del instrumento sigue girando (10). Las cargas de corte del instrumento llegan a exceder el límite elástico de la aleación sobreviniendo la deformación plástica de la aleación y por último, la fractura (9).

En otro contexto, los instrumentos endodónticos deben presentar características básicas durante la instrumentación de los conductos radiculares: la primera, ser fuerte para facilitar el corte de dentina del conducto, por otra parte, necesita ser flexible para seguir las curvaturas de la anatomía del conducto durante la instrumentación (11).

Los avances tecnológicos en la fabricación de instrumentos han dado paso a la fabricación de instrumentos de Níquel y Titanio (NiTi) con memoria controlada, que han sido puestos a disposición del clínico con diversos y novedosos protocolos de instrumentación. La introducción de esta tecnología en la preparación biomecánica ha simplificado y aumentado la calidad del tratamiento de conductos.

V-Taper™ 2H es un instrumento de NiTi con memoria controlada que, según el fabricante, posee un diseño transversal, que proporciona resistencia, flexibilidad y habilidad para preparar el sistema de conductos radiculares aún en las curvaturas más difíciles sin transportación de la vía original del conducto, bajo el protocolo de instrumentación sugerido por el propio fabricante (12).



Importantes estudios han comparado la transportación y centrado de la preparación de los sistemas NiTi fabricados a partir de procesos termo-mecánicos; a pesar de las importantes ventajas mencionadas por el fabricante, no existe ningún ensayo clínico controlado, que refleje la seguridad de estos instrumentos en cuanto a la transportación y centrado del conducto radicular o incidencia de fracturas.

El propósito del presente estudio fue comparar por tomografía computarizada de haz de cono (CBCT) el grado de transportación apical que resulta de dos variantes a la técnica propuesta para el uso de las limas V-Taper™ 2H, en 52 conductos mesiales de primeros y segundos molares inferiores.

## **ANTECEDENTES**

### **ANTECEDENTES GENERALES**

#### **Instrumentos endodónticos**

Desde que Ingle y Levine, en 1958 (13) propusieron la estandarización de las limas endodónticas y, en 1962 la Asociación Americana de Endodoncia (AAE) adoptó esta propuesta, la compañía Kerr comenzó a fabricar las primeras limas endodónticas, a las que se les denominó limas tipo K como reconocimiento al nombre de esta compañía.

En 1959 Buehler, un metalúrgico del Laboratorio Naval de Artillería de Estados Unidos (NOL por sus siglas Naval Ordnance Laboratory), descubrió un



material resultado de la aleación de Níquel y Titanio: un “metal inteligente” con propiedades únicas de resistencia a la fatiga y capacidad de memoria, quien nombró a su descubrimiento NiTiNOL, por su acrónimo **Ni**quel **Ti**tanio **N**aval **O**rdance **L**aboratory (14)

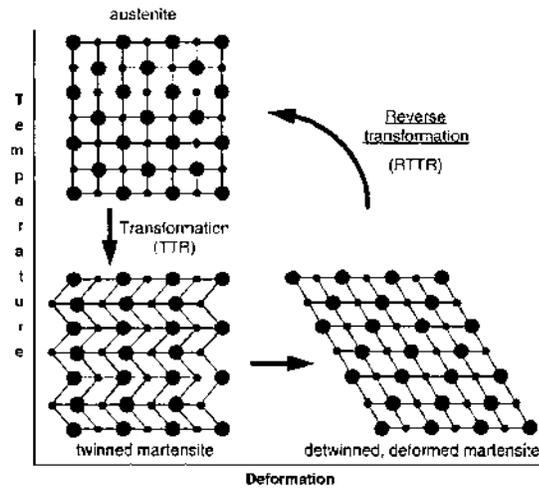
A partir del desarrollo de Nitinol (NiTi), la investigación fue orientada hacia las diferentes ramas de la ingeniería y medicina. En 1971 el uso de NiTi se introdujo en la Odontología con su aplicación, en un principio, para la fabricación de arcos ortodónticos (14), después se sugirió su aplicación en la endodoncia y fue así que en los 90s estuvieron disponibles en el mercado las primeras limas rotatorias NiTi (15).

En sus inicios, se destacó de estos instrumentos, la propiedad de resistir dos o tres veces más las cargas de flexión y torsión, así como una resistencia superior a la fractura torsional en comparación con las limas de acero inoxidable (16). Hecho por el cual se incrementó cada vez más su uso clínico en comparación a las limas de acero inoxidable al preparar el sistema de los conductos radiculares.

Estos instrumentos de NiTi están fabricados con una aleación equiatómica de Níquel y Titanio que contienen en promedio 54.5-57% de níquel en peso, con una dureza que oscila entre 312 y 376 VHN (18), con una extraordinaria flexibilidad, resultado de sus bajos valores de módulo de elasticidad en tensión y torsión (16). La aleación NiTi puede existir en diversas formas cristalográficas (Figura 1), el término genérico para estas aleaciones es 55-Nitinol; tienen la capacidad de alterar el tipo de enlace atómico lo que le proporciona características únicas y significativas



en las propiedades mecánicas y la disposición cristalográfica de la aleación; estos cambios ocurren en función de la temperatura y el estrés (19).



**Figura 1:** Imagen que representa las diversas formas cristalográficas de la aleación NiTi. Su deformación está mediada por la temperatura a la que sea expuesta, pasando de una fase austenita a martensita (20).

Las dos características de relevancia clínica son las propiedades físicas de la aleación que ocurren como resultado de la transición de la fase austenita a martensita, denominada *memoria de forma* o “*súper elasticidad*” (Figuras 2 y 3) (19).



“EVALUACIÓN IN VITRO DE LA TRANSPORTACIÓN APICAL POR CONE BEAM DE DOS PROTOCOLOS DE INSTRUMENTACIÓN EMPLEANDO LIMAS V-TAPER 2H”.

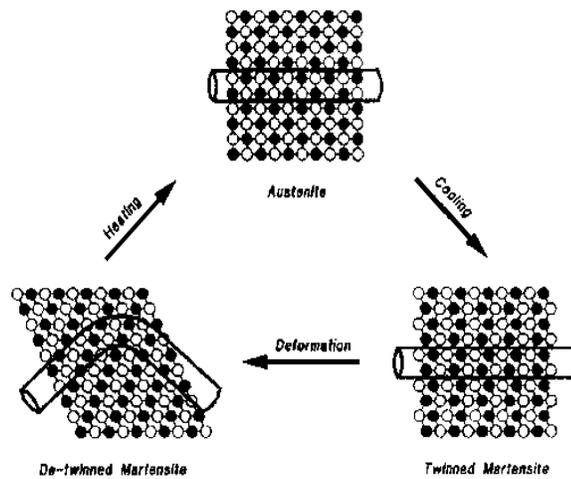


Figura 2: Diagrama que representa el efecto de memoria de la aleación NiTi (19).

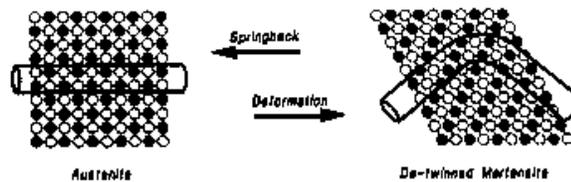


Figura 3: Diagrama que representa el efecto de memoria de la aleación NiTi (19).

La estructura de los cristales de NiTi es una red cúbica, estable y centrada en una fase *austenita* a temperatura de 100°C; cuando la aleación se enfría, ocurre un fenómeno muy particular en la aleación: su módulo de elasticidad (rigidez) cambia, por alteración en la unión de los electrones dando como resultado una mayor resistencia a la deformación, fenómeno conocido como deformación *martensítica*. La cantidad de esta transformación martensítica está en función de la temperatura de inicio (Ms) y final (Mf) (Figura 4) (19).

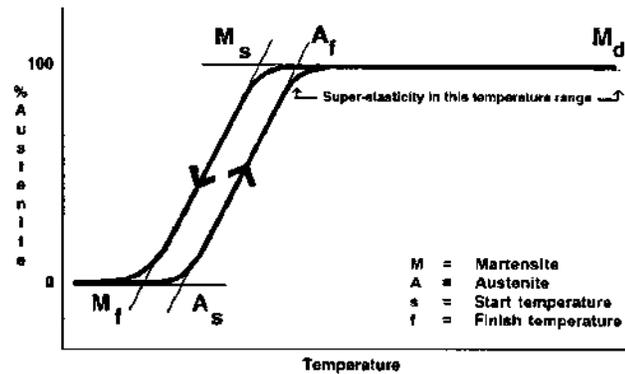


Figura 4: Histéresis de transformación martensítica (19).

### Preparación biomecánica de los conductos radiculares

La preparación biomecánica o químico mecánica de los conductos radiculares es una fase importante del tratamiento endodóntico (20), es una secuencia de procedimientos mecánicos de limpieza y desinfección del conducto radicular por medios físicos y químico-mecánicos, con el apoyo de soluciones irrigantes, con lo que se busca eliminar todo el tejido orgánico, vital o necrótico, y bacterias de la dentina contaminada (21).

Para la preparación biomecánica del conducto radicular se ha establecido cumplir objetivos biológicos y mecánicos: Desde el punto de vista biológico, la eliminación de todo agente potencialmente irritante del sistema de conductos, con respeto a los tejidos de soporte periodontal limitando todo procedimiento de limpieza química y mecánica al espacio pulpar (3). Por su parte, para los objetivos mecánicos, se busca conformar tridimensionalmente las paredes del conducto, a una forma cónica, con base en cervical y vértice en apical, preparando a nivel apical



una matriz o tope a fin de limitar todo procedimiento de limpieza y conformación al conducto radicular con respecto a la integridad del foramen apical (3).

A pesar de que cada conducto radicular es único y merece consideraciones clínicas individuales, hay ciertas características que se deben respetar y considerar en todo momento al realizar la preparación biomecánica del sistema de conductos (3):

- I. Mantener la conicidad desde el ápice hasta la cavidad de acceso.
- II. El diámetro del conducto una vez preparado debe mantenerse lo más estrecho a nivel apical.
- III. La preparación debe respetar la forma original del conducto.
- IV. El foramen apical debe permanecer en su posición original.
- V. El foramen apical debe mantenerse tan pequeño como sea posible.

Para la preparación del sistema de conductos existen dos técnicas tradicionales de instrumentación: las técnicas ápico-coronal y corono-apical. Muchos años estas dos han sido los enfoques principales de la preparación biomecánica.

Se distinguen de la técnica Ápico-coronal algunas variantes como; la técnica telescópica, de retroceso o stepback, en las cuales se inicia la preparación desde la porción apical, con instrumentos de diámetro pequeño; después de que se ha conseguido la ampliación apical, se prepara la porción media y coronal con limas de



mayor diámetro, recapitulando la longitud de trabajo con los primeros instrumentos para evitar un bloqueo del conducto; esta técnica tiene como objetivo evitar la extracción de tejido orgánico infectado del conducto radicular a los tejidos periapicales, además tiene la ventaja de disminuir la formación de escalones y transportaciones. Sin embargo, su mayor desventaja es que mantiene mayor estrés en los instrumentos, lo que aumenta la posibilidad de que ocurra la separación del mismo (20).

Por otra parte, la técnica Corono-apical como la step down comienza la preparación utilizando tamaños de instrumentos de mayor diámetro a menor diámetros comenzando en el orificio de entrada de los conductos, para ir disminuyendo el diámetro de las limas conforme se avanza apicalmente a la longitud de trabajo establecida. Otra variante a esta técnica es la descrita por Marshall y Pappin (21) en 1980 quienes realizaron una modificación a la técnica original, utilizando driles Gates Glidden y limas de diámetros grandes en el tercio coronal del conducto, para después continuar la instrumentación en los tercios medio y cervical con instrumentos de menor diámetro progresivamente, denominando a esta variante “preparación corono apical sin presión”. Esta técnica tiene el objetivo de reducir la extrusión de material infectado que se pudiese encontrar en la porción coronal hacia la porción apical. En adición se menciona que con esta técnica se tiene un mayor control de los instrumentos y estos sufren menor estrés. La desventaja del uso de esta técnica radica en que existe una mayor posibilidad de transportaciones y escalones (20).



En 1985, Roane describe el concepto de “Fuerzas balanceadas”: Una técnica que combina movimientos de la lima en sentido horario y anti horario; en una primera intención se introduce la lima con un movimiento de penetración, girando en sentido horario con el objetivo de que las estrías de la lima se enrosquen en la pared dentinaria del conducto, se continúa con el movimiento de corte de la dentina con un giro de la lima en sentido anti horario con presión hacia apical, para finalmente, con una tercera rotación de dos giros en sentido horario, denominado movimiento de limpieza quedan cargadas con limalla dentinaria las ranuras de corte del instrumento, previo a la salida de la lima del conducto radicular (22).

Los movimientos de corte descritos por Roane son similares a los movimientos mecanizados que se logran con una lima tipo K accionada mecánicamente con un contra ángulo de reciprocación. Este tipo de movimiento sirvió para fundamentar el concepto de la preparación apical temprana propuesto en este estudio.

### **Preparación apical temprana**

A lo largo del tiempo, se han propuesto varias modificaciones de las técnicas tradicionales para la preparación del sistema de conductos, con la finalidad de reducir la fatiga de los instrumentos NiTi y con ello los riesgos de una fractura (23) (24).



En 1984, Georig, Michelich y Schultz describieron una técnica de instrumentación que combina las técnicas tradicionales; corono apical y ápico coronal, en la que se sugiere iniciar la preparación ensanchando los tercios coronal y medio del conducto radicular, seguida de una preparación apical escalonada (25).

Por su parte Clifford Ruddle propuso la combinación de la técnica corono apical, ápico coronal y fuerzas balanceadas, utilizando driles Gates Glidden en las porciones coronal y media del conducto radicular, antes de obtener una longitud de trabajo, y concluir con la preparación del tercio apical del conducto movimientos de fuerzas balanceadas, esta técnica de Ruddle fue descrita por Scianamblo en 1994 (26).

Las dos técnicas de instrumentación ofrecen características particulares en donde cada una de ellas aportará diferentes ventajas y desventajas. El presente estudio, se propuso investigar un protocolo de instrumentación, que le denominamos *Preparación Apical Temprana*, con el que pretendemos tomar la ventaja de abrir el arco de la curvatura radicular que da la técnica corono apical y resistencia a la fractura al emplear inicialmente limas de mayor diámetro y el uso secuencial de instrumentos de menor a mayor diámetro que se realiza con la técnica ápico coronal y que permite ampliar el radio de la curvatura apical y servir de guía para terminar la preparación con los instrumentos en sentido corono apical.

Definiremos “Preparación Apical Temprana” (PAT) como una fase de la instrumentación con la que se busca, así como en el acceso radicular, que los instrumentos NiTi trabajen en la porción apical con un mínimo de estrés posible. En



el desarrollo de la PAT, incluye el trabajo de las limas tipo K con retrocesos 0.5 mm hasta 1.5 mm cortos a la longitud de trabajo. Las limas empleadas son menores a la lima 20 a la longitud de trabajo y no mayor a la 35 al milímetro y medio corto de la longitud total del conducto. Las limas tipo K en estos retrocesos de 0.5 mm son accionadas con los movimientos mecanizados de  $\frac{1}{4}$  de vuelta en sentido horario y  $\frac{1}{4}$  de vuelta en sentido anti horario, que da un contra ángulo de reciprocación. Con la PAT se busca reducir el radio de la curvatura y al mismo tiempo, el coeficiente de fricción de la pared del conducto que causa fatiga de los instrumentos NiTi. La preparación termina con el trabajo mecánico de los instrumentos NiTi, en un conducto previamente abierto por la reciprocación de las limas tipo K. La experiencia clínica al anexar este concepto a las técnicas de instrumentación nos ha demostrado un menor estrés durante el trabajo de las limas NiTi.

## **ANTECEDENTES ESPECÍFICOS**

En 2012, la compañía SS White lanzó al mercado un sistema de limas rotatorias NiTi diseñado para preservar la mayor cantidad de dentina peri cervical. Los productos innovadores incluyeron V-Glide Path <sup>TM</sup> 2 y V-Taper <sup>TM</sup> 2 Niti Rotary File, los cuales preceden al sistema V-Glide Path <sup>TM</sup> 2H y V-Taper <sup>TM</sup> 2H (27).

### **V-Taper <sup>TM</sup> 2H**

V-Taper <sup>TM</sup> 2H es una serie de limas rotatorias patentados por la casa comercial SS White de NiTi CM-Wire, fabricadas termo mecánicamente (27), de conicidad variable que prometen formas apicales más amplias con menos



“EVALUACIÓN IN VITRO DE LA TRANSPORTACIÓN APICAL POR CONE BEAM DE DOS PROTOCOLOS DE INSTRUMENTACIÓN EMPLEANDO LIMAS V-TAPER 2H”.

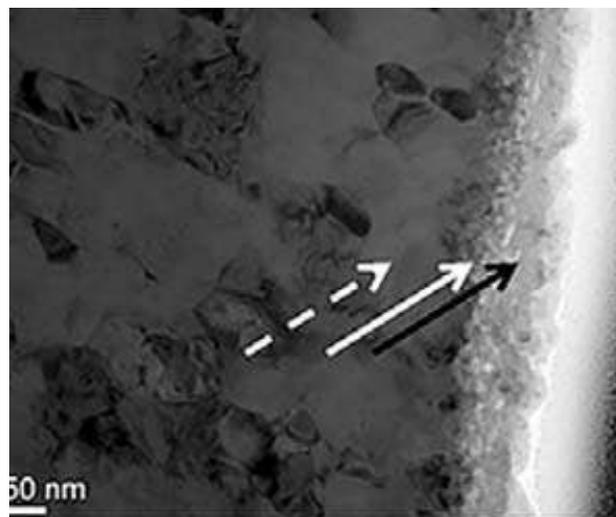
instrumentos; las limas proporcionan un camino de acceso discreto que conserva mayor cantidad de estructura dentinaria sana en el interior del conducto, lo cual es fundamental para lograr longevidad del diente con tratamiento endodóntico, además, permiten seguir la guía natural del conducto radicular y reducir la tendencia a enderezarse por el efecto de memoria. De acuerdo a lo mencionado por el fabricante, las limas rotatorias V-Taper™ 2H tienen un diseño de sección transversal parabólica que combina alta eficiencia y flexibilidad al mismo tiempo que es seguro y resistente a la fractura (27). Estas características deseables permiten al clínico combinar eficazmente el acceso y la conformación en un único proceso integrado. Se utilizan conjuntamente el sistema V-Glide Path™ 2H NiTi para la negociación del conducto, seguido del sistema V-Taper™ 2H para la conformación del conducto (27). Están disponible en el mercado en 10 distintos diámetros y 2 distintas longitudes (Figura 5), lo que hace posible adaptarlas para trabajar en los distintos tipos de morfología radicular.

V-Glide Path™ 2H File System		Size	21mm	25mm	Pk. Size
		17(V04)	21330	21330	6-Pk.
V-Taper™ 2H: 2 File Shaping System					
2 File System		20(V06)	21320	21331	6-Pk.
		25(V06)	21322	21333	6-Pk.
Additional Sizes Available		22(V07)	21321	21332	6-Pk.
		25(V08)	21323	21334	6-Pk.
		30(V06)	21324	21335	6-Pk.
		30(V08)	21325	21336	6-Pk.
		35(V06)	21326	21337	6-Pk.
		40(V06)	21327	21338	6-Pk.
		45(V06)	21328	21339	6-Pk.
		50(V06)	21329	21340	6-Pk.

**Figura 5:** Tamaños disponibles en el mercado de los instrumentos V-Glide Path™ 2H y V-Taper™ 2H.



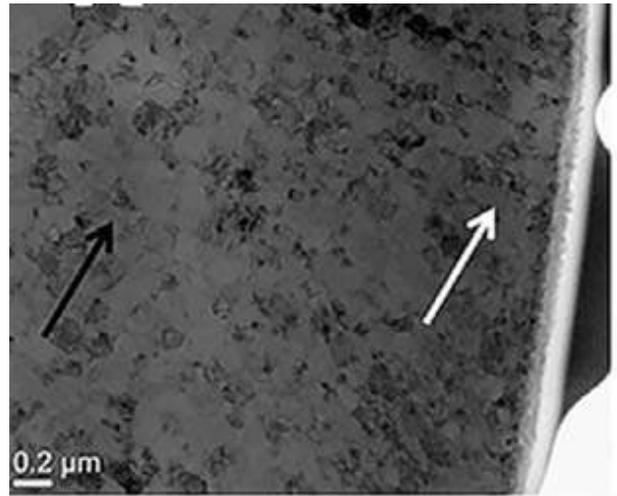
La estructura de estas limas está compuesta por tres capas: La superficie más externa es una capa de  $\text{TiO}_2$  (Óxido de titanio) (Figura 6, flecha negra), la segunda capa es  $\text{Ni}_3\text{Ti}$  (nitidur) (Figura 6, flecha blanca), y la capa más interna es una capa de  $\text{NiTi}$  (Figura 6, flecha blanca discontinua); el tamaño de los granos de  $\text{NiTi}$  aumenta desde la superficie hasta el interior, el tamaño del grano en la superficie es de 100nm (Figura 7, flecha blanca) y 20 micras en el interior (Figura 7, flecha negra); la microestructura interna de V-Taper <sup>TM</sup> 2H está mayormente compuesta por  $\text{NiTi}$  en una combinación de fase B2 (austenita) (Figura 8) y una pequeña fracción de fase B19 (martensita), que se corresponden a  $\text{Ni}_3\text{Ti}$  (círculo rojo en la Figura 9). La capa interna posee un tamaño de grano de aproximadamente 10 nm (12).



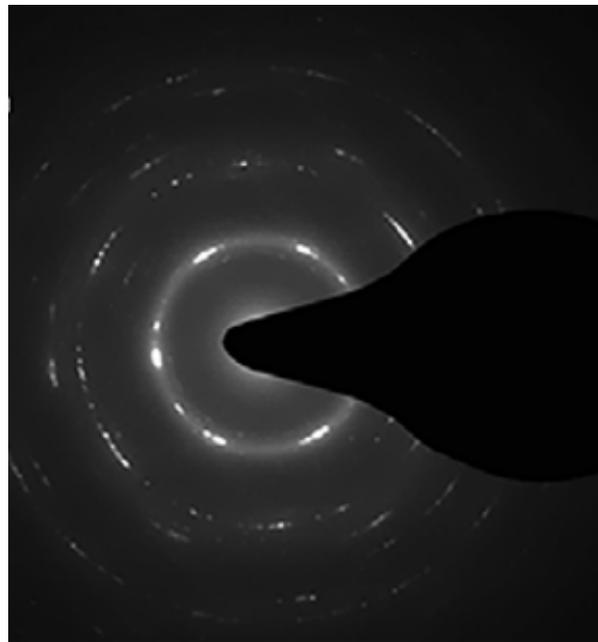
**Figura 6:** V Taper 2H tiene tres capas:  $\text{TiO}_2$  (flecha negra),  $\text{Ni}_3\text{Ti}$  (flecha blanca continua) y  $\text{NiTi}$  (flecha blanca discontinua) (12).



“EVALUACIÓN IN VITRO DE LA TRANSPORTACIÓN APICAL POR CONE BEAM DE DOS PROTOCOLOS DE INSTRUMENTACIÓN EMPLEANDO LIMAS V-TAPER 2H”.



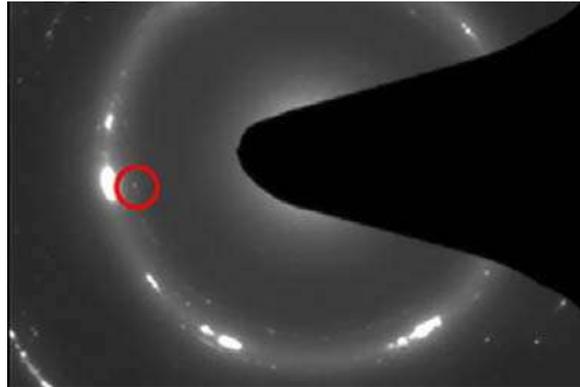
**Figura 7:** El tamaño de los granos de NiTi aumentó desde la superficie (flecha blanca) hacia el interior (flecha negra) (12).



**Figura 8:** Análisis de patrón de difracción de área seleccionada de la microestructura interna de V-Taper™ 2H reveló que esta se compone principalmente de una fase NiTi B2 (austenita) (12).



“EVALUACIÓN IN VITRO DE LA TRANSPORTACIÓN APICAL POR CONE BEAM DE DOS PROTOCOLOS DE INSTRUMENTACIÓN EMPLEANDO LIMAS V-TAPER 2H”.



**Figura 9:** Análisis de patrón de difracción de área seleccionada, también se identificó (12).

V-Taper™ 2H tiene una temperatura final austenita de 33.25°C, lo que quiere decir que, a temperatura ambiente, se compone de una mezcla de fase austenita y fase R (12); además, recibe tratamiento térmico durante su fabricación, a lo cual se le puede atribuir sus cualidades de resistencia a la fatiga cíclica y resistencia a la torsión, esto sucede por dos razones posibles; en primer lugar, el tratamiento térmico puede reducir el estrés interno residual producido en procesos mecánicos como fresado, en segundo lugar, como resultado del tratamiento térmico, V-Taper™ 2H tiene una austenita final de 33.25 ° C; estos resultados implican que, a temperatura ambiente, una fase R o fase de martensita podría mezclarse con una fase de austenita (12).



## **JUSTIFICACIÓN**

Desafiante es el reto para el clínico en cuanto a preparar conductos calcificados y curvos (29). Las paredes de un conducto generan importantes cargas de compresión y tensión a los instrumentos, causando fatiga a la aleación que puede dar lugar a accidentes de procedimiento (30). A pesar de que las limas NiTi, han facilitado la preparación del sistema de conductos, con resultados predecibles (31), aún sigue el riesgo de una transportación del conducto (32) (33) o la fractura del instrumento al someterse a la anatomía curvatura del conducto radicular (34). Cuando estos accidentes de procedimiento ocurren, retomar la vía original de un conducto que ha quedado transportado o remover un instrumento fracturado suele ser una tarea clínica difícil que demanda experiencia, tiempo y de pronóstico en muchas ocasiones reservado (30). Estudios anatómicos, histológicos y recientemente la tomografía computarizada de haz de cono Cone-beam han mostrado la complejidad de la anatomía del sistema de conductos, la frecuencia de las curvaturas radiculares especialmente a nivel del tercio apical (35) y la influencia del grado y radio de la curvatura sobre el resultado del trabajo de los instrumentos, y se ha concluido que mientras menor sea el radio de curvatura apical y mayor el grado de la curvatura, mayor será la fatiga del instrumento y la posibilidad de transportar, perforar, desgarrar la foramina apical o fracturar un instrumento (36), además de otros factores que inciden en los resultados de la preparación del sistema de conductos, tales como la experiencia clínica del operador y la técnica de instrumentación.



Numerosas técnicas han sido implementadas con el fin de minimizar errores de procedimiento como la transportación o fractura de un instrumento. Sin embargo, ninguna técnica por si misma ha resultado ideal para prevenir estos errores de procedimiento (38) (39) (30). La tecnología en endodoncia ha avanzado, hoy se cuenta con varias marcas de instrumentos NiTi. Diferentes aleaciones, entre ellas M-Wire, R-phase y la aleación convencional NiTi (40), así como motores eléctricos de rotación continua y movimiento alterno, con diferentes cinemáticas de corte tanto en sentido horario como contra horario (41) (42). Pero a pesar de ello, cuando se preparan conductos radiculares curvos y estrechos, sigue siendo un desafío hasta para el clínico más experto evitar este tipo de accidentes (43). A pesar de que en décadas pasadas fue propuesto el concepto de Camino Guía (Glyde Path), previo a la preparación con las limas NiTi (44), con el que se ha intentado dejar una vía de acceso a los instrumentos NiTi desde el orificio de entrada en cervical, hasta el extremo o salida del conducto a nivel apical con la finalidad de minimizar la fatiga de los instrumentos NiTi (45), pocos estudios han dado verdadera importancia a la superficie sobre la cual trabajan los instrumentos NiTi, la cual también afecta el trabajo de los instrumentos. La textura de la superficie del conducto es capaz de generar una fuerza que se opone al trabajo de los instrumentos. Esta fuerza también llamada coeficiente de fricción o roce es una fuerza que actúa en dirección opuesta al movimiento relativo entre dos objetos (46). El roce o fricción, a la fecha no estudiada, depende de la naturaleza de las superficies en contacto causando desgaste, frenando el movimiento y generando estrés innecesario al instrumento. A



fin de reducir esta fuerza de fricción y permitir un trabajo más rápido, con menor estrés torsional y fatiga cíclica de la aleación NiTi. Este estudio propone evaluar el la técnica de instrumentación “Preparación Apical Temprana” (PAT) incorporándolo a la preparación del conducto radicular el sistema de instrumentación V Taper 2H.

El concepto PAT es propuesto como un método para reducir el coeficiente de fricción que resulta del contacto de las limas NiTi con las paredes del conducto. La inclusión de este a la técnica durante la preparación de conductos mesiales de molares inferiores fue evaluada y con el análisis de los resultados obtenidos se pretende determinar su eficacia en cuanto a la reducción en la incidencia de transportaciones y fractura de instrumentos del sistema VTaper 2H utilizados en el presente estudio.

## **OBJETIVO**

### **OBJETIVO GENERAL:**

Evaluar cuantitativamente el grado de transportación apical mediante el uso de imágenes por tomografía computarizada de las limas V-Taper™ 2H en raíces mesiales de molares inferiores, comparando la técnica sugerida por el fabricante (VT) contra una técnica experimental híbrida del propio sistema (VTH).

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Determinar tomográficamente el grado de transportación del conducto radicular en cada técnica de estudio.



- Establecer el tiempo de preparación con cada técnica de estudio.
- Relacionar el número de limas deformadas en cada técnica de estudio.

## **HIPÓTESIS**

***Hipótesis de Trabajo H1:*** La técnica experimental Grupo VTH, logra preparaciones con menor transportación apical en comparación con el grupo VT.

**H1:  $A \neq B$ .**

***Hipótesis Nula Ho:*** La técnica de experimental Grupo VTH no logra preparaciones con menor transportación apical en comparación con la técnica del grupo VT.

**Ho:  $A = B$**

***Hipótesis alterna Ha:*** Tanto la técnica del fabricante Grupo VT como la técnica experimental Grupo VTH transportan la vía original del conducto.

## **CLASIFICACIÓN DEL ESTUDIO:**

Experimental, Comparativo, Descriptivo, Transversal y Prospectivo.



## **MATERIALES Y MÉTODOS.**

### **DESCRIPCIÓN DE PROCEDIMIENTOS**

#### **Criterios de Inclusión:**

1. 26 raíces mesiales de primeros y segundos molares inferiores con ápice radicular completamente formado, conductos separados y foraminas independientes.
2. Conductos con grado de curvatura entre 10 y 30°, de acuerdo con el método de Schneider (47).
3. Conductos permeables al calibre de una lima no mayor al diámetro 15.

#### **Criterios de Exclusión:**

1. Conductos separados que terminen en una sola foramina apical.
2. Raíces con curvatura menor a 10 ° o mayor a 30°.
3. Conductos calcificados.
4. Raíces con resorción interna o externa.
5. Conductos con tratamiento endodóntico previo.
6. Raíces con fracturas vertical u horizontal.
7. Molares con anatomía radicular irregular.

#### **Criterios de eliminación**

1. Muestras dañadas durante la instrumentación.
2. Conductos con accidentes de procedimiento ocurridos durante la instrumentación.



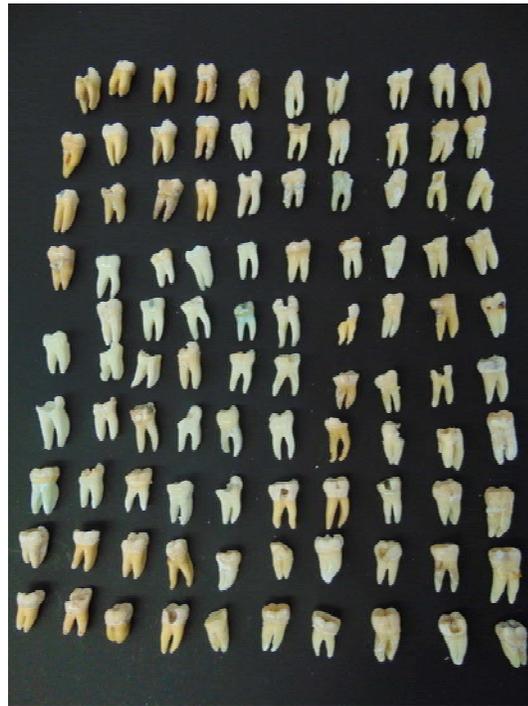
### **Selección y preparación de las muestras**

Se recolectaron 99 muestras de primeros y segundos molares inferiores de humano (figura 10) de recién extracción, obtenidos de pacientes de 8 distintos centros de salud a cargo de la Secretaría de Salud del estado de Guanajuato, Clínica Hospital ISSSTE Irapuato, Gto e IMSS Hospital General de la zona no 2, con diagnóstico de pulpitis irreversible o necrosis pulpar y que por causas económicas, culturales o de tiempo no desearon conservar. Previo consentimiento informado, se realizó la extracción aceptando la donación de sus órganos dentales para el presente estudio.

Se seleccionaron aquellas muestras en las que mediante exploración visual se observará integridad radicular, descartando aquellas con caries radicular, resorción apical y ausencia de cierre apical. Las muestras fueron conservadas en formaldehído 40% desde el momento de su extracción y hasta su recolección. Una vez recolectadas cada una de las muestras fueron desinfectadas sumergiéndolas en una solución con hipoclorito de sodio al 2,5% por 24 horas. Ya desinfectadas las muestras, se eliminaron los restos de tejido periodontal mediante alisado radicular utilizando una cureta Jacquette H5/33 (Hu-Friedy Mfg. Co., Inc., Chicago, IL, USA). Una vez concluida la limpieza de las muestras, se procedió a la esterilización de las mismas en una autoclave Lorma AV07 a 121°C por 20 minutos. Posteriormente fueron almacenados en una solución hidratante con 50% agua oxigenada y 50% glicerina pura, hasta el momento de su uso en el estudio. (48)(49)(50).



“EVALUACIÓN IN VITRO DE LA TRANSPORTACIÓN APICAL POR CONE BEAM DE DOS PROTOCOLOS DE INSTRUMENTACIÓN EMPLEANDO LIMAS V-TAPER 2H”.

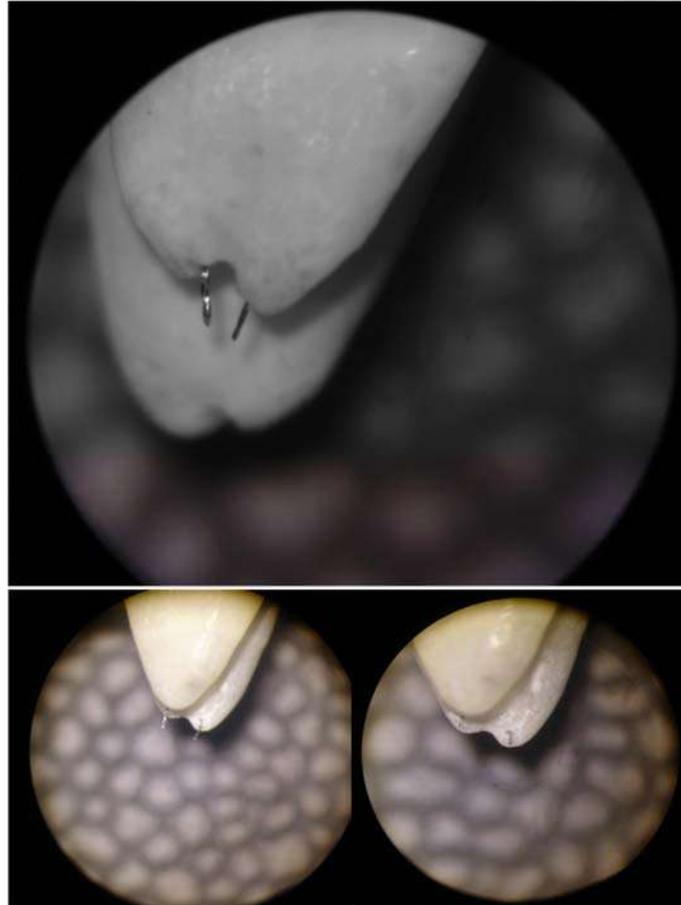


**Figura 10:** Se seleccionaron 99 primeros y segundos molares inferiores

En cada una de las muestras se realizó acceso cameral con fresa de bola de carburo #2 y fresa de carburo LG 701 (SS White) con pieza de mano de alta velocidad (Pana-air NSK NAKANISHI INC.Jp.) utilizando abundante irrigación; se localizaron los conductos radiculares con explorador de conductos DG 16 (Hu-Friedy), se verificó la permeabilidad de los conductos radiculares y la independencia de los forámenes apicales con una lima K Flex R #10/02 y #15/02 (Miltex), observando la salida de la lima en la foramina apical con el apoyo de magnificación con Microscopio dental (Global Surgical Corporation USA) (Figura 11).



“EVALUACIÓN IN VITRO DE LA TRANSPORTACIÓN APICAL POR CONE BEAM DE DOS PROTOCOLOS DE INSTRUMENTACIÓN EMPLEANDO LIMAS V-TAPER 2H”.



**Figura 11:** Selección de molares con forámenes independientes.

Del total de 99 muestras recolectadas, 27 de ellas cumplieron con el requisito de presentar conductos separados; se perdió una muestra durante la instrumentación, quedando en total 26 raíces divididas en 2 grupos de estudio de 13 raíces cada uno. Posterior a esto, los molares fueron seccionados a una longitud de 15 mm desde la porción apical hasta la porción coronal utilizando una recortadora de yeso (Prod-dent) eliminando la raíz distal, desde su porción cervical



con fresa Fresas Zekrya (Maillefer F.G) para mejorar la posterior visibilidad radiográfica y tomográfica, así como su manipulación al momento de la instrumentación (Figura 12).



**Figura 12:** Raíces mesiales seccionadas.

Las raíces mesiales seleccionadas fueron montadas en cubos de silicón por adición SwissTec HydroXtrem (Coltene) y llevadas a un dispositivo de acrílico prefabricado que permitió colocar tanto el cono de rayos X, la placa radiográfica y la muestra siempre en la misma posición. Se procedió a la toma de la imagen radiográfica procesando su revelado mediante radiografía digital (ScanX Duo, Air Techniques). En cada una de las muestras de estudio quedó registrada la primer



“EVALUACIÓN IN VITRO DE LA TRANSPORTACIÓN APICAL POR CONE BEAM DE DOS PROTOCOLOS DE INSTRUMENTACIÓN EMPLEANDO LIMAS V-TAPER 2H”.

lima de ajuste apical y grado de curvatura apical de acuerdo al método de Schneider para verificar el grado de la curvatura según los criterios de inclusión (Imagen 13).



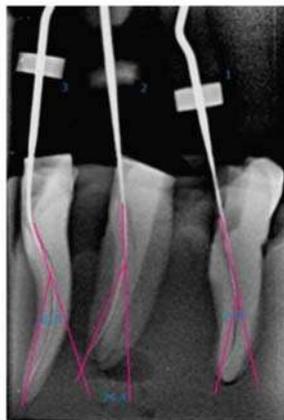
**Figura 13:** Muestras en silicón por adición montadas en dispositivo prefabricado y escáner radiográfico ScanX Duo, Air Techniques.

Para obtener el grado de curvatura del conducto, se trazó una tangente en la parte recta del tercio cervical siguiendo el eje longitudinal del conducto radicular y una segunda tangente desde el ápice radiográfico hasta el punto donde el conducto



“EVALUACIÓN IN VITRO DE LA TRANSPORTACIÓN APICAL POR CONE BEAM DE DOS PROTOCOLOS DE INSTRUMENTACIÓN EMPLEANDO LIMAS V-TAPER 2H”.

inicia su curvatura, haciendo una intersección con la primera línea. Acto seguido, se midió el ángulo que se ha formado por los dos trazos; la medida resultante determinó el grado de curvatura radicular (47) (Figura 14). Los conductos que no cumplen el criterio de inclusión de grado de curvatura de entre 10 y 30° fueron excluidos en el estudio y los dientes que se mantuvieron dentro de este rango fueron numerados y divididos en dos grupos de estudios de 26 conductos cada uno, 4 conductos más sirvieron como grupo control, quedando registrados los valores de cada muestra en una tabla de datos de Excel.



**Figura 14:** Radiografías que muestran el ángulo de la curvatura de las raíces según método de Schneider (47).

Las 26 raíces seleccionadas fueron colocadas en un soporte construido a base de silicona por adición SwissTec HydroXtrem (Coltene), para facilitar la toma imagenológica tanto preinstrumentación como posinstrumentación, de forma tal que el resultado de la imagen tomográfica fuese siempre en la misma posición y angulación (Figura 15).



“EVALUACIÓN IN VITRO DE LA TRANSPORTACIÓN APICAL POR CONE BEAM DE DOS PROTOCOLOS DE INSTRUMENTACIÓN EMPLEANDO LIMAS V-TAPER 2H”.

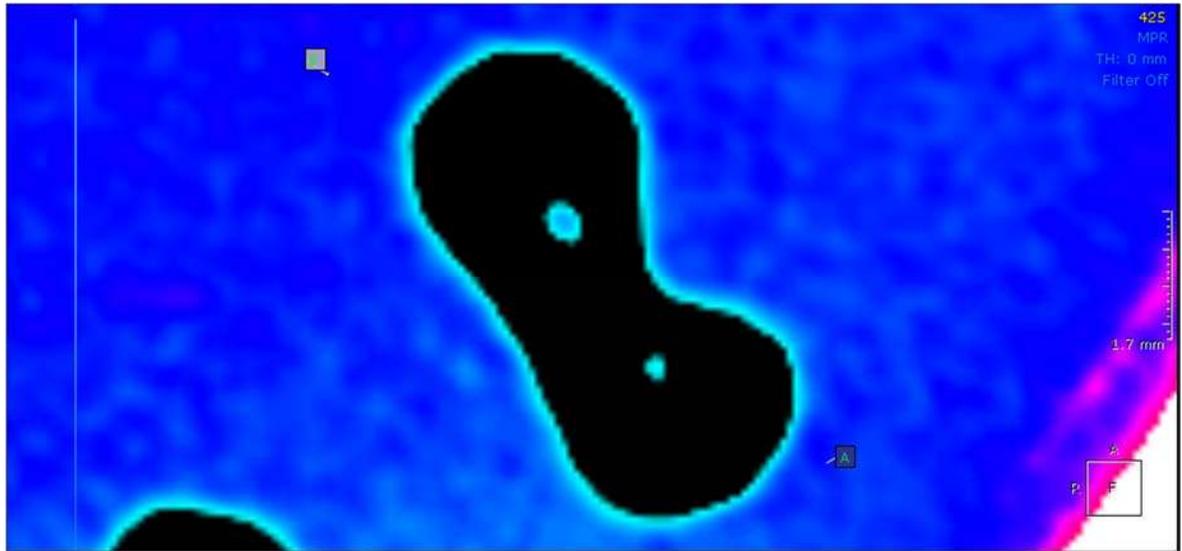


**Figura 15:** Muestras montadas en plantilla de silicón listas para obtener imagen tomográfica.

Finalmente, una vez posicionada el soporte de silicona, se obtuvo la imagen tomográfica pre instrumentación utilizando el equipo Orthopantomograph OP300 (Imagen 16). Las imágenes fueron codificadas y almacenadas hasta el momento del análisis imagenológico (Imagen 17).



**Figura 16:** Orthopantomograph OP300



**Figura 17:** Imagen corte axial obtenida con tomografía Cone-Beam a 1 mm del vértice apical en una de las muestras.

## Método Operacional

Cincuenta y dos conductos mesiales de veintiséis raíces mesiales de molares mandibulares con curvatura entre 10 y 30 grados con dimensiones morfológicas similares, se asignaron a 2 grupos experimentales ( $n = 52$ ); cuatro muestras sirvieron como control

### Procedimiento de instrumentación

1. Se determinó longitud total del conducto radicular (LTR) con limas manuales tipo K Miltex Flex R diámetro 10/02 y 15/02, observando la salida de las limas a la salida del foramen apical, quedando registrada la longitud y primera lima de ajuste apical para cada conducto.



2. Los conductos fueron distribuidos en dos grupos de estudio de 26 conductos cada uno y un grupo control de cuatro conductos para ser instrumentados de la siguiente manera:

a) Grupo VT: 26 conductos radiculares fueron instrumentados biomecánicamente con limas V-Taper™ 2H considerando la técnica ápico coronal sugerida por el fabricante de la siguiente manera:

Tamaño: 17(V04), 21 mm; 20(V06), 21 mm; 22 (V07) 21 mm, 25(V06), 21 mm; 30(V06), 21 mm; 35(V06), 21mm; 40 (V06), 21mm.

Diseño: 40 (V06), 1 mm corto de longitud total radicular.

b) Grupo VTH: 26 conductos radiculares fueron instrumentados biomecánicamente con limas V-Taper™ 2H considerando la técnica experimental de Preparación Apical Temprana de la siguiente manera:

Tamaño: 50(V06), 21mm; 45(V06), 21mm; 40(V06), 21mm.

Diseño: 40 (V06), 1 mm corto de la longitud total radicular.

c) Grupo Control: 4 conductos radiculares no fueron instrumentados y servirán como muestra fiable para descartar errores en las pruebas tomográficas.



3. Se utilizó en todos los grupos motor endodóntico Endomate TC2 (NSK – Nakanishi) con contra ángulo 16:1 de 360°; en el caso del grupo B, se utilizó además contra ángulo 4:1 de reciprocación para limas manuales.

### **GRUPO VT**

- a) En el grupo VT se determinó la longitud de trabajo restando 1 mm a la longitud total radicular previamente establecida.
- b) Se usó el instrumento V-Glide Path 2H 17 (04) para hacer una guía de acceso a los instrumentos.
- c) Se utilizaron los instrumentos con técnica ápico-coronal 20 (06), 22 (07), 25(06), 30(06), 35(06) y 40(06) respectivamente, a longitud de trabajo (Imagen 18).
- d) Se recapituló entre cada instrumento con una lima K Flex R #10/02 (Miltex).
- e) Se irrigó entre instrumentos con 1 ml de hipoclorito de sodio 5.25% con aguja irrigadora Endo eze (Ultradent).
- f) Una vez terminada la preparación biomecánica se conservaron las muestras en la solución hidratante hasta el momento de su evaluación tomográfica.



“EVALUACIÓN IN VITRO DE LA TRANSPORTACIÓN APICAL POR CONE BEAM DE DOS PROTOCOLOS DE INSTRUMENTACIÓN EMPLEANDO LIMAS V-TAPER 2H”.



**Figura 18:** Secuencia de instrumentación grupo VT.

## GRUPO VTH

- a) En el grupo VTH, se realizó acceso radicular utilizando drilles Gates Glidden #4, #3 y #2 con movimientos de “pincelada” dirigidos hacia la zona de seguridad (pared distal).
- El drill #4 trabajó en la entrada del conducto radicular sin penetrar en él.
  - El drill #3 penetró dos milímetros desde la entrada del conducto radicular
  - El drill #2 penetró hasta llegar de 3 a 5 milímetros de la longitud total radicular, o hasta que la curvatura lo permitía.
- b) Se irrigó entre cada drill con hipoclorito de sodio al 5,25% 1mL con aguja irrigadora Endo eze (Ultradent).



- c) Posteriormente, se tomó una segunda longitud total radicular (LTR) con lima K Flex R #10/02 (Miltex) observándolo salir a ras de foramen apical y se registraron los datos; esto debido a que la longitud tiende a cambiar una vez realizado el acceso radicular.
- d) En seguida se realizó preparación apical temprana (PAT) en sentidoápico coronal con contra ángulo de reciprocación 4:1 (Endo Mate, NSK – Nakanishi) y limas K Flex R (Miltex) de la siguiente manera:
- Lima 15/02 y 20/02 a LTR
  - Lima 25/02 a 0,5 mm de LTR
  - Lima 30/02 a 1 mm de LTR
  - Lima 35/02 a 1,5 mm de LTR
- e) Se irrigó con hipoclorito de sodio 5,25% 1mL con aguja irrigadora Endo eze (Ultradent) entre cada instrumento y se recapituló con lima 10/02 a LTR.
- f) Una vez realizada la PAT, se realizó la preparación biomecánica con instrumentos V-Taper™ 2H con técnica corono apical utilizando la secuencia de instrumentos de la siguiente manera:
- Lima 50/06 a 3 mm de LTR
  - Lima 45/06 a 2 mm de LTR
  - Lima 40/06 a 1 mm de LTR
- g) Se irrigó con 1 ml de hipoclorito de sodio 5.25% con aguja irrigadora Endo eze (Ultradent) entre cada instrumento y se recapituló con lima 10/02 a LTR (Figura 19).



“EVALUACIÓN IN VITRO DE LA TRANSPORTACIÓN APICAL POR CONE BEAM DE DOS PROTOCOLOS DE INSTRUMENTACIÓN EMPLEANDO LIMAS V-TAPER 2H”.

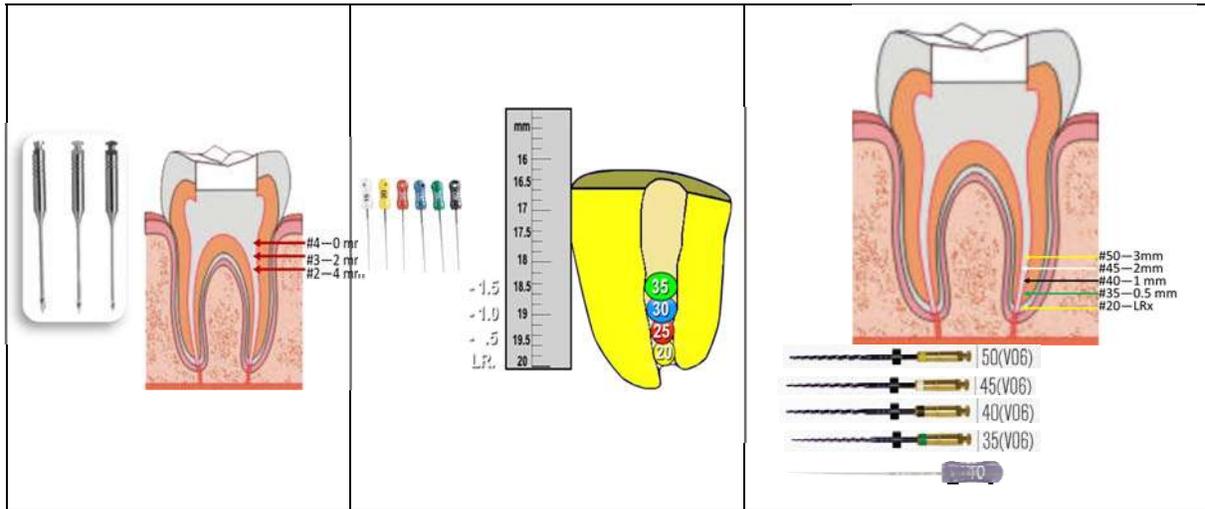


Figura 19: Secuencia de instrumentación grupo VTH.

La instrumentación fue realizada por un solo operador en todos los casos, en un máximo de tres conductos por día para evitar la fatiga y el estrés, los instrumentos V-Taper™ 2H se desecharon después de ser utilizados en 5 conductos.

Además, en ambos grupos se cronometró el tiempo de instrumentación en cada conducto radicular desde el momento del acceso radicular, hasta el fin de la instrumentación con la lima V-Taper™ 2H 40/06.

Una vez instrumentados todos los conductos radiculares se realizó el segundo estudio de tomografía cone beam, montando los dientes en el lugar y posición que les corresponde dentro de la plantilla prefabricada de silicona utilizada en la primera toma tomográfica, colocando la plantilla en posición perpendicular al rayo y haciendo cortes en plano axial a 1mm del vértice apical con el equipo Orthopantomograph OP300.



## Análisis de imagen

Cada imagen obtenida fue exportada al software AutoCAD y se relacionaron las imágenes pre y post instrumentación (figura 20); para evaluar el grado de transportación del canal se utilizó una técnica propuesta por Gambill y colaboradores (51) modificada en donde se midió la transportación del conducto en sentido mesio/distal y vestibulo/lingual.

Dirección mesio/distal: **(X1-X2) - (Y1-Y2)**

Dirección vestibulo/lingual: **(A1-A2) - (B1-B2)**

Donde:

**X1:** distancia más corta desde el exterior de la curvatura de la raíz (pared mesial) a la periferia del conducto no instrumentado.

**X2:** distancia más corta desde el exterior de la curvatura de la raíz (pared mesial) a la periferia del conducto instrumentado.

**Y1:** distancia más corta desde el interior de la curvatura de la raíz (pared distal) a la periferia del conducto no instrumentado.

**Y2:** distancia más corta desde el interior de la curvatura de la raíz (pared distal) a la periferia del conducto instrumentado.

**A1:** distancia más corta desde el exterior vestibular a la periferia del conducto no instrumentado.



**A2:** distancia más corta desde el exterior vestibular a la periferia del conducto instrumentado.

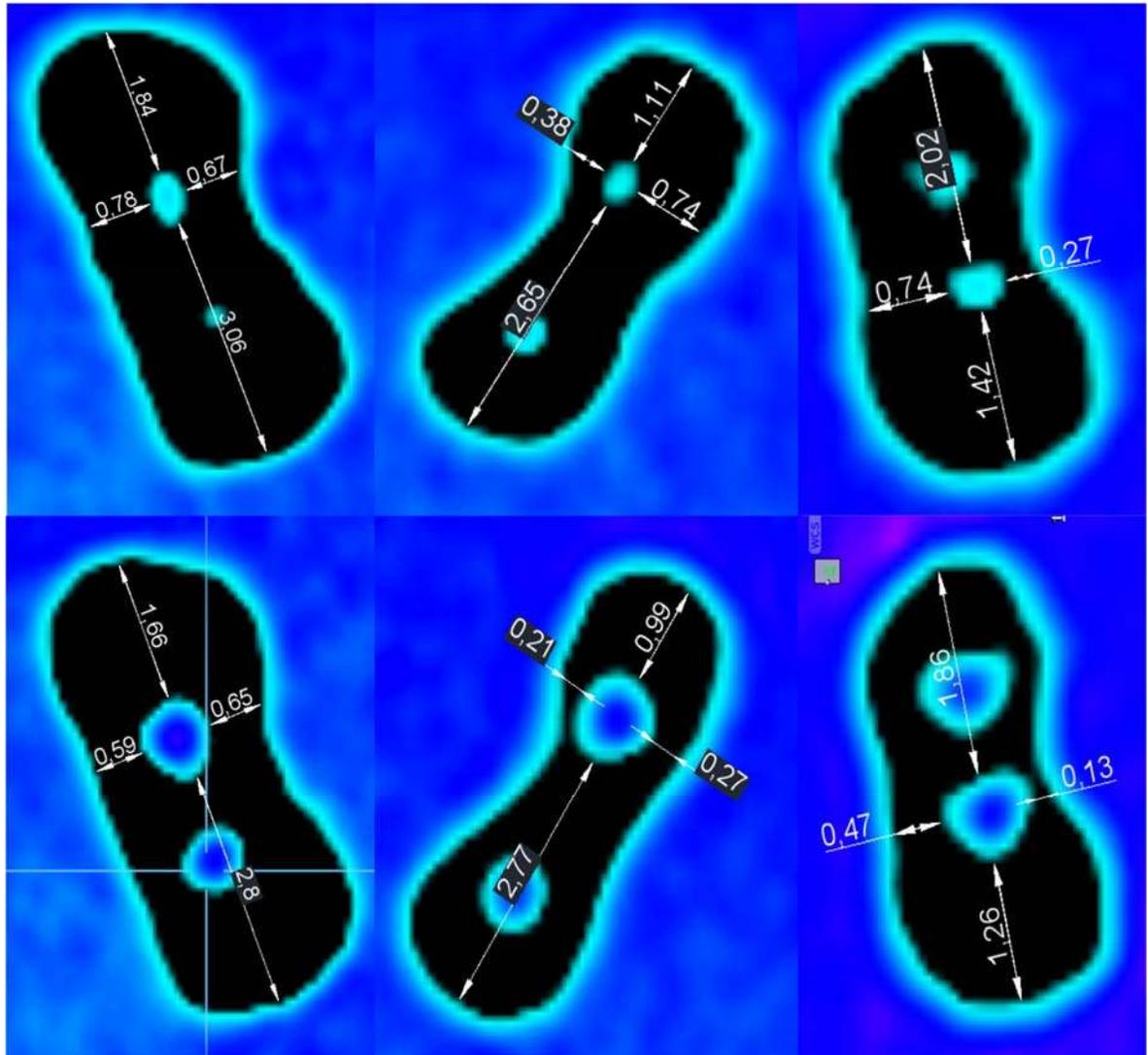
**B1:** distancia más corta desde el exterior lingual a la periferia del conducto no instrumentado.

**B2:** distancia más corta desde el exterior lingual a la periferia del conducto instrumentado.

De acuerdo con esta fórmula, un resultado de 0 indica que no hay transportación del conducto radicular, un resultado distinto de 0 quiere decir que sí existe una transportación del conducto. Además, evaluando la dirección de la transportación, un resultado negativo indica transportación hacia la cara lingual o distal, un resultado positivo hacia la cara vestibular o mesial; un resultado nulo indica la ausencia de transportación.



“EVALUACIÓN IN VITRO DE LA TRANSPORTACIÓN APICAL POR CONE BEAM DE DOS PROTOCOLOS DE INSTRUMENTACIÓN EMPLEANDO LIMAS V-TAPER 2H”.



**Imagen 20:** Comparación de mediciones pre instrumentación (arriba) y post instrumentación (abajo).

Los datos obtenidos fueron plasmados en una hoja de cálculo para su posterior evaluación (Tabla 1).



“EVALUACIÓN IN VITRO DE LA TRANSPORTACIÓN APICAL POR CONE BEAM DE DOS PROTOCOLOS DE INSTRUMENTACIÓN EMPLEANDO LIMAS V-TAPER 2H”.

Conducta	Tiempo	MD antes de preparación		MD después preparación		VL antes preparación		VL después preparación		Ángular	(x1-x2)-(y1-y2)	(a1-a2)-(b1-b2)
		x1	x2	y1	y2	a1	a2	b1	b2			
1a	04:05	1.15	0.9	3.46	3.31	0.71	0.54	0.88	0.46	21	0.7	-0.25
1b		2.68	2.29	1.4	1.16	0.82	0.72	0.79	0.63	21	0.15	-0.06
2a	03:59	1.09	0.8	3.47	3.34	0.4	0.21	0.51	0.34	28	0.16	0.02
2b		3.99	3.71	1.14	0.67	0.76	0.44	0.75	0.33	28	-0.19	-0.1
3a	04:09	0.99	0.94	3.36	3.27	0.39	0.35	0.62	0.6	24	-0.04	0.02
3b		3.45	3.39	0.74	0.61	0.61	0.55	0.47	0.39	24	-0.07	-0.02
4a	03:47	0.99	0.74	3.75	3.45	0.94	0.52	0.89	0.55	27	-0.05	0.08
4b		3.6	3.3	0.93	0.69	0.6	0.3	0.59	0	27	0.06	-0.29
5a	03:29	0.97	0.69	3.82	3.71	0.8	0.6	0.81	0.6	23	0.17	-0.01
5b		4.03	3.61	0.88	0.49	0.72	0.32	0.86	0.32	23	0.03	-0.14
6a	04:05	1.31	1.07	4.04	3.83	0.83	0.6	0.69	0.56	19	0.03	0.1
6b		4.23	4.08	1.05	0.81	0.57	0.44	0.32	0.21	19	-0.09	0.02
7a	04:01	1.07	0.85	2.96	2.2	0.74	0.36	0.71	0.46	15	-0.54	0.13
7b		2.4	2.09	1.23	0.88	0.7	0.35	0.68	0.41	15	-0.04	0.08
8a	04:03	1.38	1.16	4.24	4.14	0.89	0.76	0.89	0.7	25	0.12	-0.06
8b		3.68	3.61	1.72	1.52	0.88	0.61	0.66	0.45	25	-0.13	0.06
9a	03:20	0.8	0.73	3.5	3.26	1.3	1.02	0.88	0.77	30	-0.17	0.17
9b		3.35	3.3	0.8	0.66	0.55	0.5	0.63	0.38	30	-0.09	-0.2
10a	04:16	1.11	0.73	4.6	4.26	1.23	0.42	0.75	0.28	26	0.04	0.34
10b		4.02	3.65	1.73	1.23	0.91	0.57	0.91	0.36	26	-0.13	-0.21
11a	03:33	1.78	1.51	4.5	4.21	1.31	1.07	1.14	0.79	16	-0.02	-0.11
11b		3.99	3.61	2.08	1.82	1.14	1.01	0.88	0.76	16	0.12	0.01
12a	04:17	1.76	1.44	3.72	3.33	0.89	0.49	0.94	0.83	24	-0.07	0.29
12b		3.06	2.8	1.84	1.66	0.78	0.59	0.67	0.65	24	0.08	0.17
13a	04:55	1.53	1.24	4.47	4.42	0.96	0.83	0.7	0.7	27	0.24	0.13
13b		4.99	4.78	1.13	0.98	1.35	1.24	0.69	0.56	27	0.06	-0.02
14a	06:45	0.87	0.83	3	2.85	0.44	0.35	0.68	0.52	17	-0.11	-0.07
14b		2.65	2.32	1.11	1	0.38	0.22	0.74	0.25	17	0.22	-0.33
15a	05:32	1.27	0.88	4.75	4.75	0.46	0.28	0.87	0.48	13	0.39	-0.21
15b		5.25	4.95	1.11	0.71	0.75	0.54	0.88	0.54	13	-0.1	-0.13
16a	04:30	1.11	1	4.1	4.07	0.34	0.27	0.61	0.6	24	0.08	0.06
16b		3.57	3.55	1.73	1.43	0.43	0.34	0.37	0.17	24	-0.28	-0.11
17a	05:56	2.32	2.2	3.51	3.17	1.02	0.85	0.9	0.61	30	-0.22	-0.12
17b		4.06	3.78	1.98	1.8	0.85	0.78	1.06	0.75	30	0.1	-0.24
18a	05:44	2.41	2.33	0.87	0.64	0.61	0.42	0.47	0.16	16	-0.15	-0.12
18b		2.02	1.86	1.42	1.26	0.27	0.13	0.74	0.47	16	0	-0.13
19a	05:12	1.22	0.85	2.74	2.39	0.55	0.05	0.59	0.39	19	0.02	0.3
19b		2.63	2.34	1.2	0.82	0.55	0.21	0.41	0.31	19	-0.09	0.24
20a	08:11	1.71	1.49	2.88	2.62	0.52	0.4	0.75	0.57	27	-0.04	-0.06
20b		3.18	2.95	1.19	1.07	0.49	0	0.69	0.58	27	0.11	0.38
21a	07:19	0.79	0.59	3.76	3.65	0.64	0.53	0.55	0.22	22	0.09	-0.22
21b		3.28	2.24	0.96	0.73	0.6	0.55	0.41	0	22	0.81	-0.36
22a	07:08	1.07	0.88	4.22	3.83	0.51	0.41	0.71	0.43	30	-0.2	-0.18
22b		3.81	3.56	1.08	0.97	0.49	0.45	0.49	0.18	30	0.14	-0.27
23a	04:57	2.31	2.05	3.51	3.17	0.64	0.37	0.69	0.46	23	-0.08	0.04
23b		3.67	3.45	1.52	1.3	0.37	0.29	0.46	0.31	23	-0.07	-0.07
24a	05:29	0.72	0.59	3.68	3.44	0.82	0.55	0.53	0.32	27	-0.11	0.06
24b		2.41	2.36	1.59	1.37	0.75	0.44	0.75	0.64	27	-0.17	0.2
25a	05:35	0.99	0.55	3.91	3.6	0.55	0.3	0.45	0	20	0.13	-0.2
25b		3.64	3.3	1.05	0.87	0.69	0.65	0.39	0	20	0.16	-0.35
26a	05:39	0.61	0.48	3.56	3.52	0.39	0.35	0.39	0.3	24	0.09	-0.05
26b		2.44	2.33	1.53	1.51	0.49	0.43	0.58	0.39	24	0.09	-0.13

Tabla 1: Datos obtenidos plasmados en una hoja de cálculo para su posterior evaluación.



## **ANÁLISIS BIOESTADÍSTICO.**

Los resultados de los experimentos se expresaron como promedios más menos error estándar (e.e) de 52 conductos (n=52).

Las diferencias entre los datos se analizaron por medio de un análisis de varianza (ANOVA) seguido de la prueba de Mann-Whitney usando el programa Sigma Plot (versión 11.0; SPSS Inc).

La elaboración del material gráfico se realizó con el programa Sigma Plot (versión 11.0; SPSS Inc).

En todos los casos se consideró que la diferencia entre los grupos son estadísticamente significativas con un valor de  $P < 0.05$ .

## **RESULTADOS**

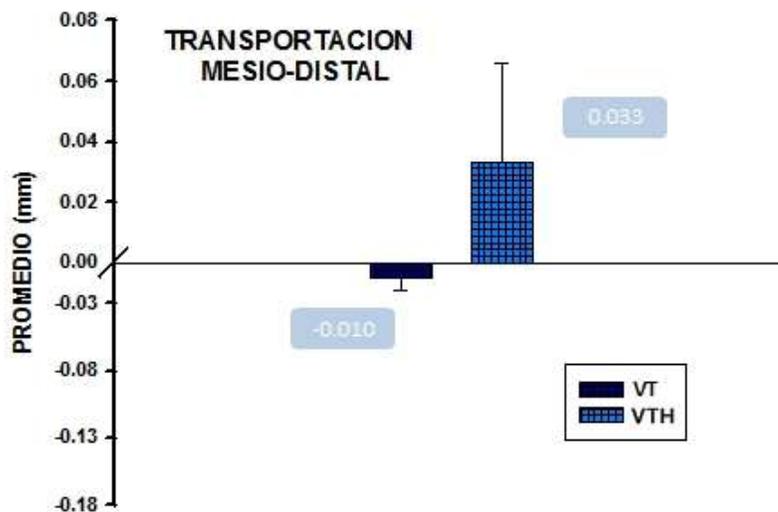
Cincuenta y dos conductos de raíces mesiales de molares inferiores fueron instrumentadas bajo dos secuencias de instrumentación utilizando el sistema V-TAPER 2H y sometidas para su análisis. Los resultados de este estudio no revelaron diferencias significativas en los valores de transporte apical [ $P < 0.05$ ] en ambas secuencias de instrumentación.



## Análisis del promedio y dirección de transportación

La medias y desviación estándar para la transportación apical y los valores de P para las diferencias estadísticas entre ambos grupos son mostrados en la tabla 1. Un resultado negativo significa que la desviación sucedió hacia la pared mesial o vestibular del conducto, según sea el caso; un resultado positivo indica que la desviación sucedió hacia la pared distal o lingual, respectivamente.

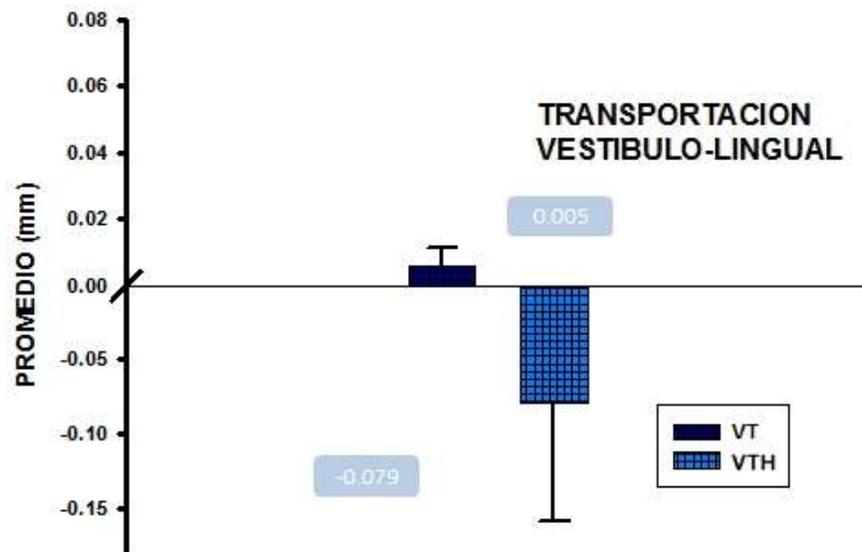
El análisis de varianza ( $P < 05$ ) no reveló diferencias estadísticamente significativas entre las 2 secuencias de instrumentación a 1.00mm de la longitud total del conducto.



**Gráfica 1:** Promedio en milímetros de la transportación mesio-distal. El grupo VT mostró un promedio de transportación de -0.010 mm hacia la pared distal, mientras que el grupo VTH mostró un promedio de instrumentación de 0.033 hacia la pared mesial con un valor de  $P = 0.964$ .



“EVALUACIÓN IN VITRO DE LA TRANSPORTACIÓN APICAL POR CONE BEAM DE DOS PROTOCOLOS DE INSTRUMENTACIÓN EMPLEANDO LIMAS V-TAPER 2H”.



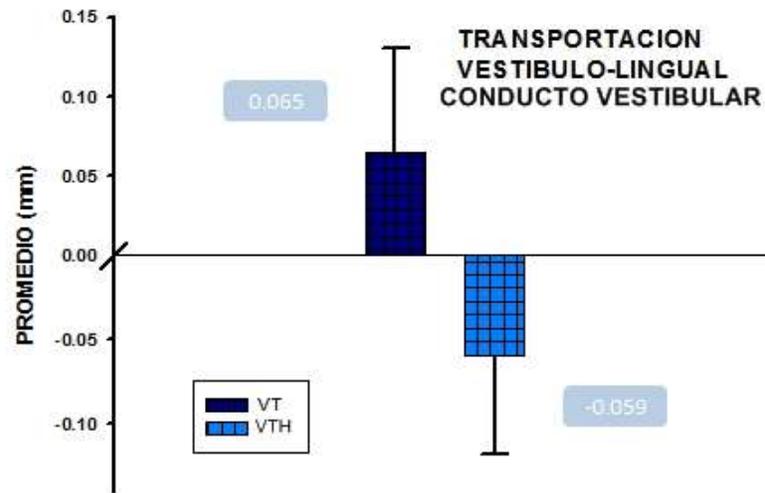
**Gráfica 2:** Promedio en milímetros de la transportación Vestibulo-lingual. El grupo VT mostró un promedio de transportación de 0.005 mm hacia la pared vestibular, mientras que el grupo VTH mostró un promedio de instrumentación de -0.070 hacia la pared lingual, con un valor de  $P=0.085$ .

En la gráfica 1 podemos observar una mayor tendencia de transportación en sentido Mesio-Distal de 0.033 para el grupo VT y -0.010 en el grupo VTH; mientras que en la gráfica 2 se observó una tendencia de transportación Vestíbulo-Lingual de 0.005 en el grupo VT y -0.079 para el VTH.

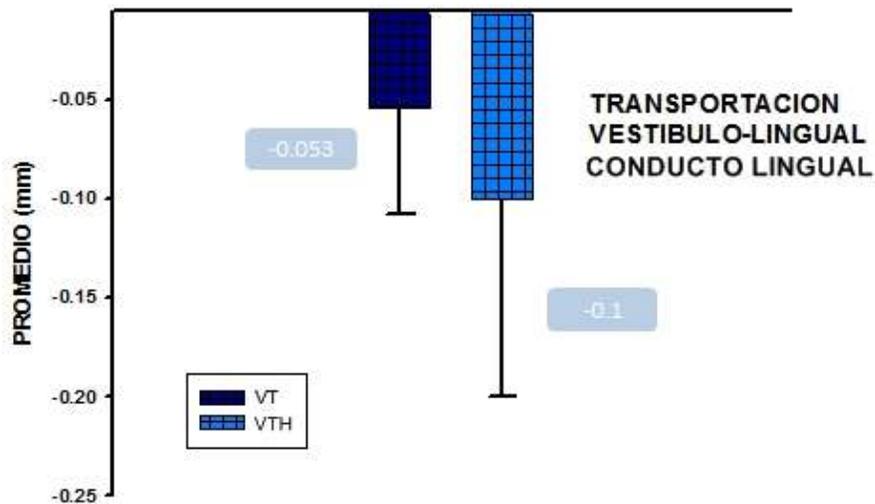
En ambas gráficas podemos observar que existió un mayor promedio de transportación en el grupo VTH tanto en sentido Mesio-Distal ( $P=0.964$ ) como Vestíbulo-Lingual ( $P=0.085$ ) con respecto al grupo VT; además, se registra una mayor tendencia a la transportación en sentido distal y vestibular respectivamente; sin embargo, la diferencia entre el promedio de transportación de ambos grupos no es significativa.



“EVALUACIÓN IN VITRO DE LA TRANSPORTACIÓN APICAL POR CONE BEAM DE DOS PROTOCOLOS DE INSTRUMENTACIÓN EMPLEANDO LIMAS V-TAPER 2H”.



**Gráfica 3:** Promedio en milímetros de la transportación Vestíbulo-Lingual de los conductos vestibulares (a) de raíces mesiales. El grupo VT mostró un promedio de transportación de 0.65 mm hacia la pared vestibular, mientras que el grupo VTH mostró un promedio de instrumentación de -0.059 hacia la pared lingual, con un valor de  $P= 0.048$



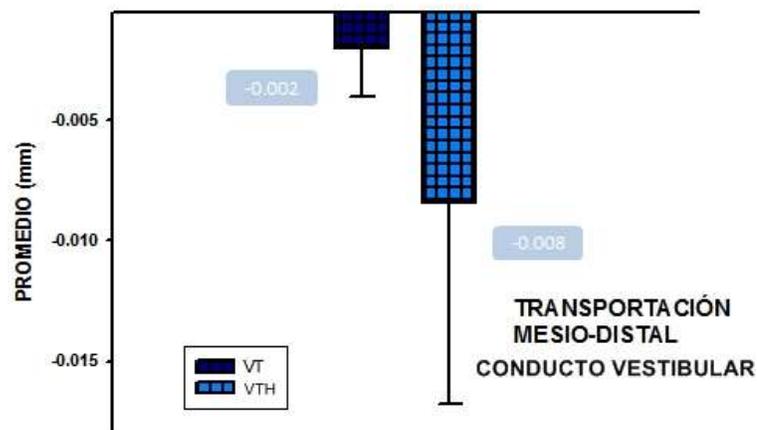
**Gráfica 4:** Promedio de transportación Vestíbulo-Lingual de los conductos linguales (b) de raíces mesiales. El grupo VT mostró un promedio de transportación de -0.053 mm hacia la pared lingual, mientras que el grupo VTH mostró un promedio de instrumentación de -0.1 hacia la pared lingual, con un valor de  $P= 0.544$ .



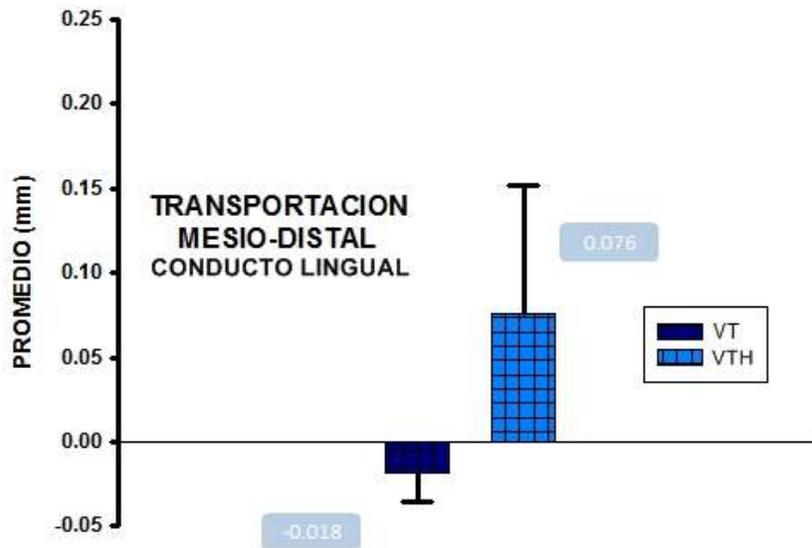
“EVALUACIÓN IN VITRO DE LA TRANSPORTACIÓN APICAL POR CONE BEAM DE DOS PROTOCOLOS DE INSTRUMENTACIÓN EMPLEANDO LIMAS V-TAPER 2H”.

En la gráfica 3 podemos observar una tendencia de transportación en sentido Vestíbulo-Lingual en conductos vestibulares de 0.065 en el grupo VT y -0.059 en el grupo VTH; mientras que en la gráfica 4 que registra la tendencia de transportación en sentido Vestíbulo-Lingual en conductos linguales de -0.053 en el grupo VT y -0.1 en el grupo VTH.

En la gráfica 3 podemos observar que en los conductos vestibulares existió un mayor promedio de transportación hacia la pared lingual en el grupo VT con respecto al grupo VTH con un valor de  $P=0.048$ ; mientras que en la gráfica 4 se registró que en los conductos linguales hubo un mayor promedio de transportación en el grupo VTH hacia la pared vestibular del conducto, con un valor de  $P=0.544$ ; sin embargo, en ambos casos la diferencia no fue estadísticamente significativa.



**Gráfica 5:** Promedio en milímetros de transportación Mesio-Distal de los conductos vestibulares (a). El grupo VT mostró un promedio de transportación de -0.002 mm hacia la pared distal, mientras que el grupo VTH mostró un promedio de instrumentación de -0.008 hacia la pared distal, con un valor de  $P=0.932$ .



**Gráfica 6:** Promedio en milímetros de transportación Mesio-Distal de los conductos linguales (b). El grupo VT mostró un promedio de transportación de -0.018 mm hacia la pared distal, mientras que el grupo VTH mostró un promedio de instrumentación de 0,076 hacia la pared mesial, con un valor de  $P= 0.343$ .

La gráfica 5 nos muestra una tendencia de transportación en sentido Mesio-Distal de conductos vestibulares de 0.002 en el grupo VT y -0.008 en el grupo VTH; mientras que en la gráfica 6 se observó una tendencia de transportación Mesio-Distal de conductos linguales de 0.018 en el grupo VT y -0.076 en el grupo VTH.

En ambas gráficas podemos observar un mayor promedio de transportación en el grupo VTH tanto en sentido Mesio-Distal de conductos vestibulares ( $P=0.932$ ) como en sentido Mesio-Distal en conductos linguales ( $P=0.343$ ), con respecto al grupo VT; además, de verse registrado mayor transportación en sentido mesial en los conductos vestibulares y en sentido distal en los conductos linguales; sin

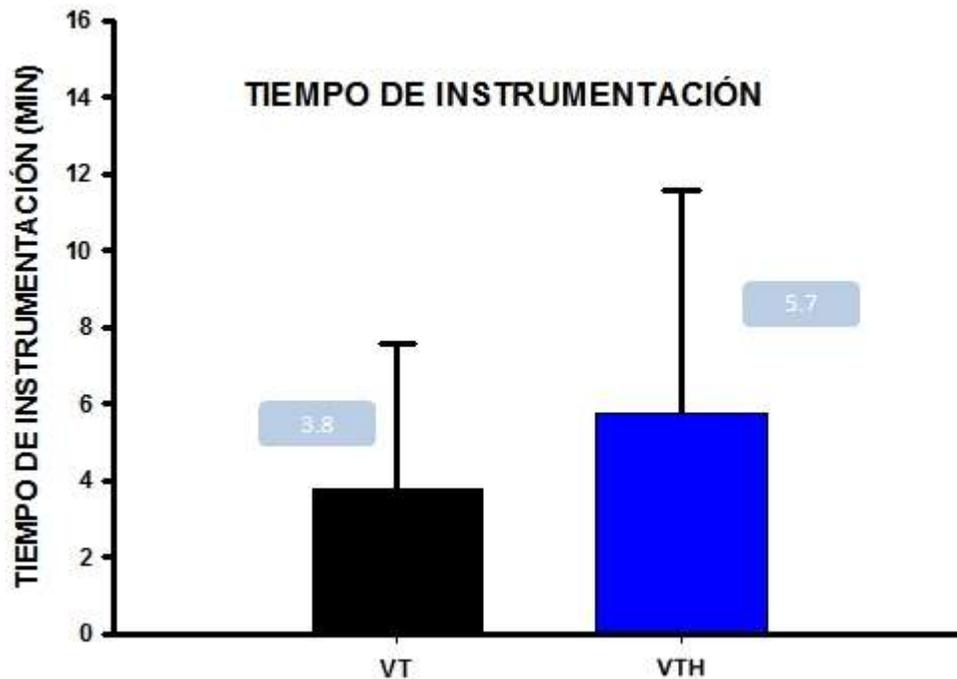


embargo, la diferencia estadística en el promedio de transportación de ambos grupos no fue significativa.

### **Análisis del tiempo de instrumentación**

En la gráfica 7 se observó que el tiempo en promedio necesario para la preparación biomecánica en minutos y segundos fue significativamente mayor para el grupo VTH (5.70 min) en comparación con el grupo VT (3.80 min).

Por lo tanto, el grupo VT registró significativamente menos tiempo para la preparación del conducto en comparación con el grupo VTH.



**Gráfica 7:** Promedio en minutos de los tiempos de instrumentación. El grupo VT mostró un promedio de 3.8 minutos en el tiempo de instrumentación, mientras que el grupo VTH mostró un promedio de tiempo de instrumentación de 5.7 minutos.



### Análisis de limas deformadas

Todas las limas VTaper 2H empleadas en el estudio se trabajaron por una sola ocasión. Después de ser utilizadas en la instrumentación, las limas se sometieron a un proceso de limpieza en tina ultrasónica con solución antiséptica (glutaraldeído 2%) por 15 minutos; Posteriormente, se colocaron en portaobjetos y fueron observados de manera individual con un microscopio clínico (Alpha air 6 dental, Seiler) (Imagen 19).



**Imagen 21:** Imagen obtenida del microscopio dental, donde se observan dos limas deformadas.

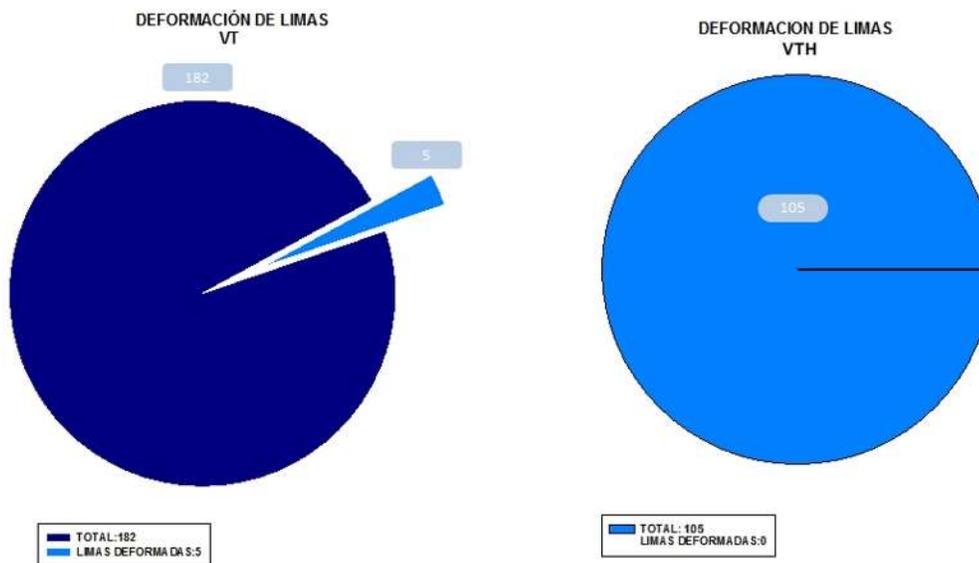
Se buscó alguna deformación visible de los instrumentos y se les describió de acuerdo a lo reportado por Sattapan en 2000 (52), los resultados se tabularon en la tabla 2 y posteriormente se realizó una descripción estadística (gráfica 8).



“EVALUACIÓN IN VITRO DE LA TRANSPORTACIÓN APICAL POR CONE BEAM DE DOS PROTOCOLOS DE INSTRUMENTACIÓN EMPLEANDO LIMAS V-TAPER 2H”.

Número de lima	Ubicación de la deformación	Descripción de la deformación
17 (04)	0 mm y 3 mm	0 mm: enrollado inverso 3 mm: sobre enrollado
17 (04)	4 mm	Enrollado inverso
20 (06)	4.2 mm	Enrollado inverso
22 (07)	3.8 mm y 4.5 mm	3.8 mm: Enrollado inverso 4.5 mm: sobre enrollado
22 (07)	4 mm	Enrollado inverso

**Tabla 2:** Número de lima, ubicación y descripción de la deformación de las limas utilizadas durante la instrumentación.



**Gráfica 8:** Número de limas deformadas durante la instrumentación de raíces mesiales de molares inferiores instrumentados con limas V-Taper 2H siguiendo dos protocolos de instrumentación. El grupo VT mostró deformación en 5 limas de un total de 182 utilizadas, mientras que el grupo VTH no mostró ninguna lima deformada de un total de 105 limas utilizadas.



“EVALUACIÓN IN VITRO DE LA TRANSPORTACIÓN APICAL POR CONE BEAM DE DOS PROTOCOLOS DE INSTRUMENTACIÓN EMPLEANDO LIMAS V-TAPER 2H”.

En el grupo VTH se utilizaron 4 instrumentos por conducto radicular preparado (104 limas en total en todo el grupo), mientras que en el grupo VT se utilizaron 7 instrumentos por conducto (182 instrumentos en total).

Los resultados fueron: para el grupo VTH, en ninguna de las 104 limas utilizadas se observó la deformación del estriado del instrumento, mientras que en el grupo VT, 5 de los 182 instrumentos empleados sufrieron deformación visible con el uso del microscopio clínico Alpha air 6 dental, Seiler, lo que resulta en una diferencia significativa entre las limas deformadas en el grupo VT con respecto al grupo VTH.



## **DISCUSIÓN**

Los principios a cumplir durante la preparación biomecánica del sistema de conductos es conformar y limpiar el conducto radicular, manteniendo respeto a la forma y configuración anatómica original a fin de favorecer un correcto sellado apical (53).

En el presente estudio, se tuvo como objetivo principal comparar la transportación apical del conducto radicular durante la conformación de dos secuencias de instrumentación, utilizando en ambas limas NiTi del sistema V-Taper 2H (SS White). La secuencia de instrumentación utilizada en el grupo VT fue de acuerdo a la técnica descrita por el fabricante y para el grupo VTH se empleó una secuencia híbrida donde se incorpora el uso de limas tipo K con movimiento recíprocante. Se incorpora a la instrumentación el uso de limas tipo K con movimiento recíprocante a fin de demostrar mediante los resultados obtenidos la viabilidad del uso de estos instrumentos como un recurso para alisar las irregularidades de las paredes del conducto y conseguir el trabajo de los instrumentos NiTi con menor estrés y menor riesgo de fracturar los instrumentos durante la preparación del conducto. La evaluación de la transportación apical se realizó utilizando una técnica de-computarizada de haz de cono CONE-BEAM a 1mm corto de la longitud total del conducto, donde se terminó con el diámetro de una en ambos grupos de estudio. El estudio también evaluó el tiempo de instrumentación empleado en ambas secuencias de instrumentación y deformación del estriado de corte de las limas clínicamente visible en cada grupo de estudio.



Con respecto a la transportación apical, se observó una transportación menor en el grupo VT, en el que se utilizaron solamente limas NiTi desde la formación de un camino guía, hasta su diseño apical. A diferencia del grupo VTH, en el que se utilizaron limas de acero inoxidable en una preparación temprana del tercio apical previo a la utilización de limas NiTi, nuestro estudio concuerda con estudios como el de Paleker (54) y Tokita (55) que reportan que utilizar instrumentos tipo k de acero inoxidable causa mayor transportación de los conductos radiculares en comparación con los instrumentos de Ni Ti, o estudios como el de Zheng (56), quien dice que realizar una vía de acceso con sistemas NiTi, en este caso V-Glidepath 2H de SS White, resulta una menor transportación que en las muestras instrumentadas con limas tipo K aun cuando se utilizan únicamente para hacer una guía de acceso para los instrumentos rotatorios. Sin embargo, respecto a la transportación, aunque el grupo VTH en el que se utilizaron limas tipo K combinadas con limas NiTi mostró un promedio mayor de transportación tanto en sentido mesio-distal ( $P= 0.964$ ), como en sentido vestíbulo-lingual ( $P=0.085$ ) en comparación del grupo VT en el que se utilizaron exclusivamente limas NiTi, lo que no representa un resultado estadísticamente significativo; además, en la mayoría de las muestras de ambas técnicas de estudio parecen estar dentro de los parámetros de transportación aceptable reportados por Wu (57), quien reporta que una transportación apical de más de 300  $\mu\text{m}$  puede tener un impacto negativo en el sello de la obturación, lo cual sucedió en 8 de nuestras muestras, lo que se puede deber a la experiencia en el manejo de la técnica y los instrumentos del operador.



Con respecto al factor causal de una mayor transportación apical en el grupo VTH, se puede atribuir a factores tales como: la memoria de la aleación de los instrumentos de acero inoxidable, la curvatura apical del conducto o diámetro de las limas empleadas en la preparación apical, por lo que se sugiere en trabajos futuros, evaluar la posibilidad de emplear limas de menor diámetro durante el proceso de preparación apical temprana.

Por otro lado, con respecto al tiempo de instrumentación, el grupo instrumentado con limas VTaper 2H reportó un tiempo de preparación estadísticamente menor con respecto al grupo que combinó NiTi con limas tipo K; esto coincide con trabajos como los de Flemin (58), Spångberg (59) y Vaudt (60), quienes coinciden, que entre otras cualidades de los instrumentos NiTi, se encuentra una mayor rapidez en la instrumentación; nosotros podemos relacionar la diferencia de tiempo con el número de limas empleadas: en el grupo VT se utilizaron un total de 7 limas en total en cada conducto, mientras que en grupo VTH se utilizaron 9 limas, entre NiTi y acero, además de 3 drilles abridores.

En otro aspecto, también fue objetivo del presente estudio, observar la deformación o separación de instrumentos durante la preparación de ambos grupos de estudio; aunque no hubo ninguna separación, si hubo una diferencia significativa entre las limas deformadas en el grupo VTH (0 limas), en comparación con el grupo VT (5 limas), lo que merece nuestra atención. Atribuimos este resultado a la preparación de manera temprana del tercio apical que se realizó con los instrumentos tipo K con movimientos de reciprocación. West en 2010 (61) reporta



que el concepto de “camino guía” proporciona una vía de acceso directa desde la porción cervical del conducto, hasta la porción apical. En el presente estudio se siguieron principios reportados por Marshall y Pappins (21) y Abou-Rass (62), quienes sugieren que removiendo las interferencias cervicales del conducto mediante el acceso radicular previo a la introducción de limas, se logra un acceso más recto al tercio apical, permitiendo que los instrumentos de NiTi puedan posteriormente trabajar con menor tensión sobre las paredes.

En el estudio, el grupo VT reportó un mayor número de limas deformadas, que, de acuerdo con lo reportado con Tokita (55) y Acosta (63) en 2017, esta deformación podría llevar a una separación del instrumento, lo que definitivamente modificaría nuestros resultados y en una situación clínica real. Este accidente de procedimiento implicaría mayor tiempo clínico para tratar de remover el instrumento del conducto y comprometería el pronóstico de éxito del tratamiento de endodoncia; por lo que, la idea de emplear un protocolo de instrumentación que alise las irregularidades de las paredes del conducto previo al uso de limas NiTi no queda descartado, dado los resultados de este estudio la nula deformación de instrumentos NiTi en el grupo VTH podría reflejar una importante ventaja de minimizar los riesgos de fractura en los instrumentos NiTi.



## **CONCLUSIÓN**

Los resultados mostraron que la secuencia de instrumentación sugerida por el fabricante del sistema V-TAPER 2H conservó mejor la forma original del conducto en el tercio apical que la secuencia de instrumentación propuesta en este estudio sin una diferencia estadística significativa. Si bien el tiempo de instrumentación fue mayor en la secuencia de instrumentación donde se utilizaron las limas tipo K con movimiento de reciprocación previo al uso de limas NiTi, este puede verse compensado con ninguna deformación clínicamente visible en las limas V-TAPER 2H utilizadas posterior a la preparación apical temprana con limas tipo K bajo movimiento con un contra ángulo de reciprocación.

Se sugieren más estudios sobre dientes extraídos donde se considere la curvatura apical y uso de limas tipo K con diámetros más pequeños durante la preparación apical temprana del conducto, de cuyos resultados se pudiera obtener datos más precisos en cuanto a la relación de la transportación con el diámetro de los instrumentos empleados en el presente estudio.

## **CONFLICTO DE INTERESES**

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses en la realización del presente estudio.



## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Endodontic triad for success. The role of minimally invasive technology. *BDJ*. 2015;219(9):446-446
2. Peters O. Current Challenges and Concepts in the Preparation of Root Canal Systems: A Review. *Journal of Endodontics*. 2004;30(8):559-567.
3. Schilder H. Filling Root Canals in Three Dimensions. *Journal of Endodontics* 2006;32(4):281-290.
4. Alves F, Almeida B, Neves M, Moreno J, Rôças I, Siqueira J. Disinfecting Oval-shaped Root Canals: Effectiveness of Different Supplementary Approaches. *Journal of Endodontics*. 2011;37(4):496-501.
5. Lambrianidis T. Ledging and blockage of root canals during canal preparation: causes, recognition, prevention, management, and outcomes. *Endodontic Topics* 2006;15(1):56–74.
6. Madarati A, Hunter M, Dummer P. Management of Intracanal Separated Instruments. *Journal of Endodontics*. 2013;39(5):569-581.
7. AAE Glossary of Endodontic Terms [Internet]. *Aae.org*. 2017 [cited 25 October 2017]. Available from: <http://www.aae.org/clinical-resources/aae-glossary-of-endodontic-terms.aspx>.
8. Sattapan B, Nervo G, Palamara J, Messer H. Defects in Rotary Nickel-Titanium Files After Clinical Use. *Journal of Endodontics*. 2000;26(3):161-165.



9. Kramkowski T, Bahcall J. An In Vitro Comparison of Torsional Stress and Cyclic Fatigue Resistance of ProFile GT and ProFile GT Series X Rotary Nickel-Titanium Files. *Journal of Endodontics*. 2009;35(3):404-407.
10. Pruett J, Clement D, Carnes D. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *Journal of Endodontics*. 1997;23(2):77-85. He R, Ni J. Design Improvement and Failure Reduction of Endodontic Files through Finite Element Analysis: Application to V-Taper File Designs. *Journal of Endodontics*. 2010;36(9):1552-1557.
11. Vaudt J, Bitter K, Neumann K, Kielbassa A. Ex vivo study on root canal instrumentation of two rotary nickel-titanium systems in comparison to stainless steel hand instruments. *International Endodontic Journal*. 2009;42(1):22-33.
12. Chang S, Shim K, Kim Y, Jee K, Zhu Q, Perinpanayagam H et al. Cyclic fatigue resistance, torsional resistance, and metallurgical characteristics of V taper 2 and V taper 2H rotary NiTi files. *Scanning*. 2016;38(6):564-570.
13. Ingle JI, Levine M. The need for uniformity of endodontic instruments, equipment, and filling materials, transactions. *Second International Conference of Endodontics*. Philadelphia: University of Pennsylvania, 1958
14. Kauffman G, Mayo I. The Story of Nitinol: The Serendipitous Discovery of the Memory Metal and Its Applications. *The Chemical Educator*. 1997;2(2):1-21
15. Haapasalo M, Shen Y. Evolution of nickel-titanium instruments: from past to future. *Endodontic Topics*. 2013;29(1):3-17.



16. Walia H, Brantley W, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files. *Journal of Endodontics*. 1988;14(7):346-351.
17. He R, Ni J. Design Improvement and Failure Reduction of Endodontic Files through Finite Element Analysis: Application to V-Taper File Designs. *Journal of Endodontics*. 2010;36(9):1552-1557.
18. Zinelis S, Eliades T, Eliades G. A metallurgical characterization of ten endodontic Ni-Ti instruments: assessing the clinical relevance of shape memory and superelastic properties of Ni-Ti endodontic instruments. *International Endodontic Journal*. 2010;43(2):125-134.
19. Thompson S. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *International Endodontic Journal*. 2000;33(4):297-310.
20. Hulsmann M, Peters O, Dummer P. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic Topics*. 2005;10(1):30-76.
21. Marshall FJ, Pappin J. A Crown-Down Pressureless Preparation Root Canal Enlargement Technique [manual]. Oregon Health Sciences University; 1980.
22. Roane J, Sabala C, Duncansonjr M. The “balanced force” concept for instrumentation of curved canals. *Journal of Endodontics*. 1985;11(5):203-211.
23. Garcia L, Junior E, da Fonseca T, da Frota M, de Carvalho F, Marques A. Cleaning capacity of hybrid instrumentation technique using reamer with



- alternating cutting edges system files: Histological analysis. *Contemporary Clinical Dentistry*. 2014;5(2):203.
24. da Fonseca Roberti Garcia L, Gonçalves A, da Frota M, Sponchiado Júnior E, de Carvalho F, Franco Marques A. Apical transportation of manual NiTi instruments and a hybrid technique in severely curved simulated canals. *Journal of Conservative Dentistry*. 2015;18(6):436.
25. Goerig A, Michelich R, Schultz H. Instrumentation of root canals in molar using the step-down technique. *Journal of Endodontics*. 1982;8(12):550-554.
26. Scianamblo M. *La Preparazione Della Cavita Endodontica*. En *Endodonzia*. Castelucci A. Italia. 1994
27. Blog - SS White® V-Taper™2 NiTi Rotary Endodontic File System [Internet]. Sswhitedental.com. 2017 [cited 22 July 2017]. Available from: <http://www.sswhitedental.com/index.php/blog/cat/press-releases/post/ss-white-v-taper-2-niti-rotary-endodontic-file-system/>
28. Zhou H, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng Y, Haapasalo M. Mechanical Properties of Controlled Memory and Superelastic Nickel-Titanium Wires Used in the Manufacture of Rotary Endodontic Instruments. *Journal of Endodontics*. 2012;38(11):1535-1540.
29. Hülsmann M, Schinkel I. Influence of several factors on the success or failure of removal of fractured instruments from the root canal. *Dental Traumatology*. 1999;15(6):252-258.



30. Lambrianidis T. Ledging and blockage of root canals during canal preparation: causes, recognition, prevention, management, and outcomes. *Endodontic Topics*. 2006;15(1):56-74.
31. Peters O, Paque F. Current developments in rotary root canal instrument technology and clinical use: a review. *Quintessence International*. 2010; 41(6): 479–488.
32. Hartmann M, Barletta F, Camargo Fontanella V, Vanni J. Canal Transportation after Root Canal Instrumentation: A Comparative Study with Computed Tomography. *Journal of Endodontics*. 2007;33(8):962-965.
33. Bürklein S, Mathey D, Schäfer E. Shaping ability of ProTaper NEXT and BT-RaCe nickel-titanium instruments in severely curved root canals. *International Endodontic Journal*. 2014;48(8):774-781.
34. Setzer F, Böhme C. Influence of Combined Cyclic Fatigue and Torsional Stress on the Fracture Point of Nickel-Titanium Rotary Instruments. *Journal of Endodontics*. 2013;39(1):133-137.
35. Hartmann M, Barletta F, Camargo Fontanella V, Vanni J. Canal Transportation after Root Canal Instrumentation: A Comparative Study with Computed Tomography. *Journal of Endodontics*. 2007;33(8):962-965.
36. Pruett J, Clement D, Carnes D. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *Journal of Endodontics*. 1997;23(2):77-85.
37. Thompson S. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *International Endodontic Journal*. 2000;33(4):297-310.



38. Gergi R, Rjeily J, Sader J, Naaman A. Comparison of Canal Transportation and Centering Ability of Twisted Files, Pathfile-ProTaper System, and Stainless Steel Hand K-Files by Using Computed Tomography. *Journal of Endodontics*. 2010;36(5):904-907.
39. Parashos P, Messer H. Questionnaire survey on the use of rotary nickel-titanium endodontic instruments by Australian dentists. *International Endodontic Journal*. 2004;37(4):249-259.
40. Capar I, Ertas H, Ok E, Arslan H, Ertas E. Comparative Study of Different Novel Nickel-Titanium Rotary Systems for Root Canal Preparation in Severely Curved Root Canals. *Journal of Endodontics*. 2014;40(6):852-856.
41. Giuliani V, Di Nasso L, Pace R, Pagavino G. Shaping Ability of WaveOne Primary Reciprocating Files and ProTaper System Used in Continuous and Reciprocating Motion. *Journal of Endodontics*. 2014;40(9):1468-1471.
42. Espir C, Nascimento-Mendes C, Guerreiro-Tanomaru J, Freire L, Gavini G, Tanomaru-Filho M. Counterclockwise or clockwise reciprocating motion for oval root canal preparation: a micro-CT analysis. *International Endodontic Journal*. 2017;51(5):541-548.
43. Peters O. Current Challenges and Concepts in the Preparation of Root Canal Systems: A Review. *Journal of Endodontics*. 2004;30(8):559-567.
44. West J. Endodontic Update 2006. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2006;18(5):280-300.



45. Berutti E, Negro A, Lendini M, Pasqualini D. Influence of Manual Preflaring and Torque on the Failure Rate of ProTaper Rotary Instruments. *Journal of Endodontics*. 2004;30(4):228-230.
46. Hutchings I. Leonardo da Vinci's studies of friction. *Wear*. 2016;360-361:51-66.
47. Schneider S. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1971;32(2):271-275
48. Shaffer S, Barkmeier W, Gwinnett A. Effect of disinfection/sterilization on in-vitro enamel bonding. *Journal of Dental Education*. 1985;49:658-659.
49. Chandki R, Maru R, Gunwal M, Garg A, Mishra A. A Comparison of Different Methods for Disinfection or Sterilization of Extracted Human Teeth to be Used for Dental Education Purposes. *World Journal of Dentistry*. 2013;4:29-31.
50. DeWald J. The use of extracted teeth for in vitro bonding studies: A review of infection control considerations. *Dental Materials*. 1997;13(2):74-81.
51. Gambill J, Alder M, del Rio C. Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *Journal of Endodontics*. 1996;22(7):369-375.
52. SATTAPAN B, NERVO G, PALAMARA J, MESSER H. Defects in Rotary Nickel-Titanium Files After Clinical Use. *Journal of Endodontics*. 2000;26(3):161-165.
53. Gergi R, Rjeily J, Sader J, Naaman A. Comparison of Canal Transportation and Centering Ability of Twisted Files, Pathfile-ProTaper System, and



- Stainless Steel Hand K-Files by Using Computed Tomography. *Journal of Endodontics*. 2010;36(5):904-907.
54. Paleker F, van der Vyver P. Comparison of Canal Transportation and Centering Ability of K-files, ProGlider File, and G-Files: A Micro-Computed Tomography Study of Curved Root Canals. *Journal of Endodontics*. 2016;42(7):1105-1109.
55. Tokita D, Ebihara A, Miyara K, Okiji T. Dynamic Torsional and Cyclic Fracture Behavior of ProFile Rotary Instruments at Continuous or Reciprocating Rotation as Visualized with High-speed Digital Video Imaging. *Journal of Endodontics*. 2017;43(8):1337-1342.
56. Zheng L, Ji X, Li C, Zuo L, Wei X. Comparison of glide paths created with K-files, PathFiles, and the ProGlider file, and their effects on subsequent WaveOne preparation in curved canals. *BMC Oral Health*. 2018;18(1).
57. Wu, M., Fan, B. and Wesselink, P. (2001). Leakage Along Apical Root Fillings In Curved Root Canals. Part I: Effects Of Apical Transportation On Seal Of Root Fillings. *Australian Endodontic Journal*, 27(2), pp.79-79.
58. Fleming C, Litaker M, Alley L, Eleazer P. Comparison of Classic Endodontic Techniques versus Contemporary Techniques on Endodontic Treatment Success. *Journal of Endodontics*. 2010;36(3):414-418.
59. Spångberg L. The wonderful world of rotary root canal preparation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2001;92(5):479.



60. Vaudt J, Bitter K, Neumann K, Kielbassa A. Ex vivo study on root canal instrumentation of two rotary nickel-titanium systems in comparison to stainless steel hand instruments. *International Endodontic Journal*. 2009;42(1):22-33.
61. West J. The Endodontic Glidepath: “Secret to Rotary Safety” | *Dentistry Today* [Internet]. *Dentistrytoday.com*. 2010 [cited 26 September 2019]. Available from: <https://www.dentistrytoday.com/endodontics/3478-endodontic-glidepath-secret-to-rotary-safety>.
62. Abou-Rass M, Frank A, Glick D. The Anticurvature Filing Method to Prepare the Curved Root Canal. *The Journal of the American Dental Association*. 1980;101(5):792-794.
63. Acosta E, Resende P, Peixoto I, Pereira É, Buono V, Bahia M. Influence of Cyclic Flexural Deformation on the Torsional Resistance of Controlled Memory and Conventional Nickel-titanium Instruments. *Journal of Endodontics*. 2017;43(4):613-618.