

**REPÚBLICA DOMINICANA
UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA
FACULTAD DE POSTGRADO DE ODONTOLOGÍA**



**EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES
CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE®
Y WAVEONE GOLD®**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
MAESTRIA EN ENDODONCIA**

Sustentante

Dra. Fanny E. Cuevas González

Docente Especializado

Dra. María Teresa Thomas Kipping

Docente titular

Dr. Erick Joel De Los Santos

Santo Domingo, Rep. Dom.

2020

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS
UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE[®] Y WAVEONE GOLD[®]

**EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES
CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE[®]
Y WAVEONE GOLD[®]**

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mi hija, padres y hermano/a, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido el orgullo y el privilegio más grande que formen parte de mi vida, son los mejores.

También, a todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que confiaron, me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecirme la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

A mi madre Carmen T. Cuevas, por haberme apoyado en todo momento, por el valor mostrado para salir adelante, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su infinito amor. Gracias a usted todo este trabajo ha sido posible. A mi padre Max Cuevas por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan. A mis hermanos Elizabeth y Julio Cuevas por estar presente y apoyarme siempre. A mi mayor bendición, lo que más amo, mi hija Isabella, para que vea en mi un ejemplo a seguir.

Agradezco al Dr. Erick Joel De Los Santos, por creer en mí y brindarme la oportunidad de desarrollar este trabajo. Por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí el poder terminar este estudio con éxito.

A mis docentes por sus enseñanzas, dedicación y paciencia a lo largo de la maestría, en especial al Dr. José María Heredia y Dr. Eduardo Khoury que influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como un profesional con visión, preparada para los retos que pone esta maestría.

A mis compañeros por siempre estar presente en cada momento de mi trabajo, pero más que todo a Jatna Nivar por impulsarme a obtener siempre lo mejor de mí y de mi trabajo, gracias por nunca perder tu fe y confianza en mí y en que lograríamos este paso tan grande. Gracias por demostrarme que todavía

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS
UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE[®] Y WAVEONE GOLD[®]

existen personas con un excelente corazón y que está presente en buenas y malas.

Gracias a la Dra. Marlene Barroso de Serret por hacer de su centro, CID, un hogar para llevar a cabo el experimento de este trabajo.

Gracias a la Dra. Yaireni López por crear en mí el impulso de poder concluir con un trabajo tan valioso en mi vida.

Gracias a las Dras. María Teresa Thomas, Sabrina Sarnelli, Carolina Ramón y Sonia Rodríguez por toda su entrega y confiar en que yo podía.

Gracias a la Escuela de Postgrado de la Universidad Iberoamericana (UNIBE), por todo lo ofrecido y aprendido profesionalmente.

RESUMEN

Objetivo: Analizar y comparar la transportación en los tercios radicular cervical, medio y apical, luego de la instrumentación de conductos radiculares curvos con sistemas recíprocos WaveOne[®] y WaveOne Gold[®], mediante Tomografía Computarizada Cone-Beam, en las raíces mesiales de primeros molares mandibulares.

Metodología: Se realizó un estudio comparativo, descriptivo y exploratorio cuasi-experimental, en este caso, se analizaron mediante tomografía de cone-beam la transportación presentada en los conductos mesiales utilizando las limas WaveOne[®] y WaveOne Gold[®]. Se utilizaron 40 raíces mesiales de molares mandibulares de humanos con raíces curvas entre 25 y 35 grados. Se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 5.25% y se almacenaron en suero fisiológico, para mantenerlos hidratados. Se tomaron radiografías periapicales para medir el grado de curvatura de cada raíz según la técnica de Schneider. Se realizaron las cavidades de acceso con una fresa redonda #4. Para obtener ejemplares más uniformes se seccionaron las coronas guiándose por la longitud del molar más pequeño en el grupo de dientes. Las longitudes de trabajo se determinaron con una lima K #10, se visualizó justo en el foramen apical y se le restó 1mm. Se realizó una tomografía computarizada de cone beam, previo a la preparación de las raíces mesiales, se realizaron tres cortes longitudinales (cervical, medio y apical), para medir la pared externa e interna y de esta manera lograr medir el grado de transportación radicular que pudiese suceder tras la preparación con los diferentes sistemas. Para la toma de la tomografía computarizada las raíces mesiales fueron colocadas en Silicona. Se dividieron en dos grupos: grupo I – 20 raíces mesiales preparadas con limas WaveOne Gold[®] y el grupo II- 20 raíces mesiales, preparadas con WaveOne[®]. La instrumentación de cada uno fue realizada con el motor Silver VDW[®] programada para cada grupo y luego analizada la transportación.

Resultados: Se encontró diferencia significativa entre las técnicas WaveOne[®] y WaveOne Gold[®] en la transportación en curvatura cervical externa de los conductos en las raíces mesiales (P, 0,3288658). En la transportación en curvatura cervical interna de los conductos en las raíces mesiales (P, 0,40450338). En la transportación en curvatura media externa de los conductos en las raíces mesiales (P, 0,47005972). En la transportación en curvatura media interna de los conductos en las raíces mesiales (P, 0,449512). En la transportación en curvatura apical externa de los conductos en las raíces mesiales (P, 0,3539). En la transportación en curvatura apical interna de los conductos en las raíces mesiales (P, 0,3532).

Conclusiones: En cuanto los instrumentos que produjeron menor transportación, se identificó que el instrumento WaveOne Gold[®] produce menor transportación en los conductos radiculares. Referente al tercio donde se produjo menor transportación, se determinó que en el tercio apical del conducto se produjo mínima transportación. De la comparación realizada se determinó, que instrumento WaveOne Gold[®] se mantiene más centralizado en la anatomía original del conducto.

Palabras Claves: Transportación, conductos radiculares curvos, Sistema WaveOne[®], Sistema WaveOne Gold[®].

ABSTRACT

Aim: To analyze and compare the transportation in the cervical, middle and apical root thirds, after the instrumentation of curved root canals with WaveOne[®] and WaveOne Gold[®] reciprocating systems, using Cone-Beam Computed Tomography, in the mesial roots of the mandibular first molars.

Methodology: A comparative, descriptive and exploratory quasi-experimental study was carried out. In this case, the transport that could happen in the mesial root canals using WaveOne[®] and WaveOne Gold[®] files was analyzed using cone-beam tomography. 40 mesial roots of human mandibular molars with curved roots between 25 and 35 degrees were used. They were disinfected with 5.25% sodium hypochlorite and stored in saline solution, to keep them hydrated. Periapical radiographs were taken to measure the degree of curvature of each root according to the Schneider technique. The access cavities were made with a # 4 round bur. To obtain more uniform specimens, the crowns were sectioned. The working lengths were determined going by the smallest tooth in the group with a K # 10 file, it was visualized just in the apical foramen and 1mm was subtracted. A cone beam computed tomography was performed, prior to the preparation of the mesial roots, three longitudinal cuts were made (cervical, middle and apical), to measure the external and internal wall and thus achieve measure the degree of root transport that It could happen after the preparation with the different systems. For the computed tomography taking, the mesial roots were placed in Silicone. They were divided into two groups: group I - 20 mesial roots prepared with WaveOne Gold[®] files and group II - 20 mesial roots, prepared with WaveOne[®]. The instrumentation of each one was performed with the Silver VDW[®] motor programmed for each group and then analyzed.

Results: A significant difference was found between the WaveOne[®] and WaveOne Gold[®] techniques in the transportation of the external cervical curvature of the root canals in the mesial roots (P, 0.3288658). In the transportation of the internal cervical curvature of the root canals in the mesial roots (P, 0.40450338). In the transportation in external mean curvature of the root canals in the mesial roots (P, 0.47005972). In the transportation of the median internal curvature of the root canals in the mesial roots (P, 0.449512). In the transport in external apical curvature of the root canals in the mesial roots (P, 0.3539). In the transportation in internal apical curvature of the root canals in the mesial roots (P, 0.3532).

Conclusions: As for the instruments that produced less transportation, it was identified that the WaveOne Gold[®] instrument produces less transportation in the root canals. Regarding the third where less transportation occurred, it was determined that minimal transportation occurred in the apical third of the canal. From the comparison made, it was determined that the WaveOne Gold[®] instrument remains more centralized in the original anatomy of the duct.

Key Words: Transportation, curved root canals, WaveOne[®] System, WaveOne[®] Gold System.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO.....	4
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUCCIÓN	11
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
3. OBJETIVOS	15
3.1 Objetivo general.....	15
3.2 Objetivos específicos.....	15
4. HIPÓTESIS	16
5. MARCO TEÓRICO.....	17
5.1 ANTECEDENTES.....	17
5.2 TRANSPORTACION APICAL DE CONDUCTOS RADICULARES	28
5.2.1 Factores que influyen en el transporte apical.....	29
5.3 CONDUCTOS CURVOS	31
5.3.1 Manejo Clínico de Conductos con Curvaturas Severas	31
5.3.2 Curvas Multiplanar	35
5.3.3 Mantener la curvatura con un modo rotacional de manipulación de instrumentos manuales	39
5.3.4 Mantenimiento de Curvaturas Doble.....	40
5.3.5 Preparación de un Acceso Regularmente Cónico Radicular y Medición	41
5.4 ALEACIONES DE NÍQUEL TITANIO	42
5.4.1. Propiedades.....	43
5.4.2 Evolución de los instrumentos endodónticos de limas manuales y el movimiento recíprocante.....	45
5.4.3 Aspectos generales.....	49
5.4.4 Limas manuales	50

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS
UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE® Y WAVEONE GOLD®

5.4.5 Sección transversal.....	51
5.4.6 Conicidad	53
5.4.8 Cinemática	55
5.5 ALEACIONES METÁLICAS.....	55
5.5.1 Clasificación	57
5.5.2 Futuro.....	61
5.6 ASPECTOS CIENTÍFICOS DEL MOVIMIENTO RECIPROCANTE	62
5.6.1 Evolución de los movimientos recíprocos en la endodoncia: perspectiva histórica	63
5.7 PROPIEDADES Y EFECTIVIDAD DE LOS INSTRUMENTOS RECIPROCANTES EN LA PREPARACIÓN DEL CONDUCTO RADICULAR	73
5.7.1 Propiedades Mecánicas de Instrumentos Recíprocos.....	73
5.7.2 Fatiga Cíclica y Resistencia a la Flexión.....	74
5.7.3 Resistencia a la Torsión.....	76
5.7.4 Eficiencia de Corte	77
5.7.5 Análisis de Superficie	77
5.8 CARACTERÍSTICAS DE PREPARACIÓN DE CONDUCTO.....	78
5.8.1 Preparación.....	78
5.8.2 Pre-ampliación o Trayectoria de Patencia.....	80
5.8.3 Tiempo de Preparación.....	81
5.8.4 Eficacia de Limpieza	81
5.8.5 Generación de Microgrietas en Dentina.....	84
5.8.6 Retiro de Materiales Obturadores	85
5.8.7 Consideraciones Finales.....	86
5.9 SISTEMA WAVEONE.....	88
5.9.1. Diseño del instrumento.....	90
5.9.2 Método de uso: de acuerdo con las instrucciones del fabricante	90
5.10 SISTEMA WAVEONE GOLD®.....	92
5.10.3 Método de uso: de acuerdo con las instrucciones del fabricante	94

5.11 TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CONE-BEAM (CBCT)	97
5.11.1 Valoración de la anatomía del conducto radicular.....	97
5.11.2 Evaluación del resultado del tratamiento del conducto radicular.....	99
6. MATERIALES Y MÉTODOS	102
6.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	102
6.2 TIPO DE ESTUDIO	102
6.3 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	103
6.4 VARIABLES	103
6.5 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	103
6.6 CRITERIOS	104
6.9 FUENTES.....	104
6.9.1 Tratamiento de la información.....	105
6.9.2 Procedimientos y técnicas de la investigación	105
7. RESULTADOS.....	110
8. DISCUSIÓN	121
9. CONCLUSIONES.....	129
10. RECOMENDACIONES	130
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	131
12. ANEXOS	139

1. INTRODUCCIÓN

La preparación biomecánica tiene como meta la eliminación del tejido orgánico e inorgánico con el objetivo de crear las condiciones adecuadas para obtener una correcta desinfección, con agentes químicos, medicación intraconducto y una adecuada obturación del sistema del conducto radicular. Schilder en el año 1974, menciona que es durante la preparación mecánica que, con el uso de los instrumentos endodónticos y con la ayuda de productos químicos, será posible limpiar, conformar y desinfectar el conducto radicular, de esa forma, crear las condiciones viables para la obturación.¹

Durante la preparación biomecánica pueden ocurrir varios accidentes como la desviación del conducto principal, causando escalón, falso conducto, desvío apical, deformación del foramen, desgaste de la pared del conducto, además de subinstrumentación, sobreinstrumentación, obstrucción del conducto, separación del instrumento, entre otros.¹

Actualmente para reducir estos accidentes durante la preparación mecanizada se han desarrollado avances en los instrumentos mecanizados como mejoría en su morfología, tratamientos de superficie y en su aleación.

Así mismo, Schilder describió el proceso de limpieza y conformación, a menudo llamado "instrumentación". Este hizo hincapié en la importancia de lograr ciertos objetivos que resultan en un tratamiento endodóntico exitoso como:

- Una preparación continua canalizada y cónica desde el tercio apical hasta el coronal.
- Como resultado de este estrechamiento continuo, el diámetro más pequeño debe mantenerse apicalmente y el diámetro más grande coronalmente.
- El foramen apical debe mantenerse lo más pequeño posible.
- El foramen apical debe mantenerse en su ubicación geográfica original.

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE[®] Y WAVEONE GOLD[®]

- Luego de la conformación del conducto, este debe tener la forma en tres dimensiones y la preparación debe ser continua en el área apical.²

La morfología de los conductos radiculares es de extrema complejidad por sus múltiples variaciones como los conductos accesorios, varias foraminas, deltas apicales, los cuales conforman el espacio tridimensional radicular.³

Según estudios, el conducto radicular puede verse afectado en su morfología a causa de alteraciones patológicas, que con la inflamación pulpar o enfermedad apical, incitan procesos celulares específicos que producen, finalmente, cambios en la anatomía del sistema de conductos.⁴

Existen curvaturas en conductos radiculares que conllevan a un verdadero reto para el especialista durante el proceso de la instrumentación, ya que existe el riesgo de que ocurran errores como escalones, deformaciones o perforaciones. Es por estos riesgos que las modificaciones de estos instrumentos han ido incrementando para lograr darles las características necesarias para evitar estos errores.

Estudios definen la transportación apical como el enderezamiento del instrumento dentro del conducto; lo cual pasa generalmente con frecuencia. A consecuencia de esto resulta en un ensanchamiento en la zona exterior de la curvatura en el conducto y una preparación deficiente en la parte interna de la zona apical. Esto conlleva a una desviación del conducto en el eje longitudinal.⁵

La preparación del conducto radicular con instrumentos de níquel-titanio (NiTi) ha sido un recurso disponible para los profesionales dentales desde el año 1988, demostrando que estos instrumentos son más flexibles, poseen memoria de forma y son más resistentes a la torsión que los fabricados en acero inoxidable.

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE[®] Y WAVEONE GOLD[®]

Varios sistemas rotatorios se han introducido en los últimos años y la investigación ha demostrado, a través del análisis de varios parámetros, que sus ventajas sobre el método manual incluyen una menor incidencia de la formación de desviaciones, mejor conformación del conducto y un menor tiempo de preparación.⁶

El propósito de este estudio es el comportamiento de la centralización de dos sistemas de instrumentación mecanizados recíprocos, en conductos curvos, frente a la anatomía del primer molar inferior curvo, el cual será evaluado en la raíz mesial de dientes humanos extraídos, mediante Tomografía Computarizada Cone Beam, que nos permitirá una visualización tridimensional y detallada de la raíz y del sistema de conductos, pre y post de la preparación mecanizada.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, en la odontología existe una gran variedad de instrumentos para la conformación endodóntica, al igual que una variación de técnicas para lograr una correcta y más rápida preparación del sistema de conductos radiculares, no obstante, nuestro deber como profesional es darnos y actualizarnos estudiando dichos instrumentos y así tener la suficiente información para seleccionar con criterio a la hora de realizar los tratamientos.

Hoy día, se ha popularizado el uso de sistemas reciprocantes por los beneficios que ofrecen a la hora de realizar una instrumentación de los conductos radiculares. Además, sus aleaciones han sido mejoradas como la inclusión de un tratamiento térmico, para aumentar sus propiedades mecánicas y físicas; es por este motivo necesario comparar cuál de los sistemas WaveOne[®] y WaveOne Gold[®] transporta menos.

Manteniendo en cuenta esta información se presentan las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuál de los instrumentos WaveOne[®] o WaveOne Gold[®] produce menor transportación del conducto principal?
- ¿En qué tercio del conducto principal se produce menor transportación?
- ¿Cuál de los instrumentos WaveOne[®] o WaveOne Gold[®] o mantiene más la forma original del conducto?

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Analizar y comparar la transportación en los tercios radicular cervical, medio y apical, luego de la instrumentación de conductos radiculares curvos con sistemas reciprocantes WaveOne[®] y WaveOne Gold[®], mediante Tomografía Computarizada Cone-Beam, en las raíces mesiales de primeros molares mandibulares.

3.2 Objetivos específicos

- Identificar que instrumento WaveOne[®] o WaveOne Gold[®] produce menor transportación en los conductos radiculares.
- Determinar en qué tercio del conducto se produjo menor transportación.
- Comparar y determinar cuál instrumento WaveOne Gold[®] o WaveOne[®] se mantiene más centralizado en la anatomía original del conducto.

4. HIPÓTESIS

Hipótesis Nula

La transportación del conducto radicular será igual con los dos sistemas de instrumentación WaveOne[®] y WaveOne Gold[®].

Hipótesis alterna

La transportación del conducto radicular será diferente con los dos sistemas de instrumentación WaveOne[®] y WaveOne Gold[®].

5. MARCO TEÓRICO

Durante todo este tiempo se han llevado estudios, con el propósito de encontrar la aleación, sistema y procedimiento que reduzca el riesgo de deformar el conducto de su anatomía original y tratar de mantener una preparación lo más céntrica en el proceso del tratamiento endodóntico. Otros estudios se han llevado a cabo con el propósito de evaluar el grado de transportación apical que causan algunos instrumentos en el proceso de preparación de conductos radiculares.

Existen, actualmente un sinnúmero de sistemas rotatorios de Ni-Ti con características muy variadas, tratando de adquirir el mismo resultado, una adecuada conformación de conductos, acorde con una correcta limpieza y mantención de la anatomía del conducto lo más cercana posible a la original.

5.1 ANTECEDENTES

En una comparación de dos métodos para evaluar la transportación apical por Leonardi⁷, en el año 2007, concluyó que el método radiográfico y anatómico presentaron diferentes valores de transportación apical, debido a los diferentes niveles de medición. Sin embargo, ambos son confiables en su medición, ya que en general mantuvieron las mismas relaciones entre los grupos.

En el año 2008, se analizó un estudio con el fin de comparar el grado de deformación que se obtiene en los conductos radiculares luego de la instrumentación con limas manuales de acero y con limas rotatorias de Ni-Ti. Los resultados de este estudio mostraron que en el grupo de limas Ni-Ti hubo menos transporte y que en el grupo de acero se produjo más transporte.⁸

Otro estudio, evaluó la transportación del tercio medio y apical producido por la instrumentación con WaveOne[®] y RaCe[®]. Este estudio fue realizado en el año

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE[®] Y WAVEONE GOLD[®]

2013, donde se observó que los dos sistemas produjeron transportación en el tercio medio del conducto por la zona de furca. Cabe destacar, que el sistema WaveOne[®] obtuvo mayor desgaste y más desigual a ese nivel.⁹

Esto ha provocado la realización de un estudio comparando la instrumentación de tres sistemas como Mtwo[®], Reciproc[®], y Hyflex[®], por vía de Tomografía Computarizada de Cone-Beam evaluando el transporte y capacidad céntrica en conductos curvos, la transportación fue menor respectivamente en los sistemas Reciproc[®], Hyflex[®], y Mtwo[®].¹⁰

Tambe et al.¹¹, en el 2014, compararon el transporte de conducto y la capacidad de centrado de los sistemas rotatorios ProTaper[®], OneShape[®] y WaveOne[®] utilizando la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) en los conductos radiculares curvos para encontrar una mejor técnica de instrumentación para mantener la geometría del conducto radicular. Un total de 30 premolares recién extraídos con conductos radiculares curvos con al menos 10° de curvatura se dividieron en tres grupos de 10 dientes cada uno. Todos los instrumentos mantuvieron la curvatura del conducto original con diferencias significativas entre las diferentes limas. Los datos arrojaron que las limas WaveOne[®] presentaban los mejores resultados para ambas variables evaluadas. Las limas WaveOne[®] causaron menos transporte y permanecieron mejor centradas en el conducto que las limas OneShape[®] y ProTaper[®].

Zhao et al.¹² en el 2014; describieron las propiedades de conformación de conductos de los instrumentos de níquel titanio ProTaper Next[®], ProTaper Universal[®] y WaveOne[®] en primeros molares mandibulares, mediante el uso de escaneo tomográfico microcomputarizado (micro-CT). Se seleccionaron un total de 36 primeros molares maxilares con dos conductos mesiales, separados y un conducto distal, y se escanearon preoperatoriamente y postoperatoriamente

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE® Y WAVEONE GOLD®

mediante micro-CT con un tamaño de vóxel de 30 μ m. Los conductos se prepararon con sistemas PTU®, PTN® y WaveOne® utilizando como irrigante hipoclorito de sodio. El sistema PTN® produjo menos transporte que los sistemas WaveOne® y PTU® en el tercio apical de los conductos mesiales ($P < .05$). No hubo diferencias significativas en el transporte apical en conductos distales entre los tres sistemas de instrumentación. La instrumentación con WaveOne® fue significativamente más rápida que con los otros dos instrumentos ($P < .05$). Se concluyó que los instrumentos PTN®, PTU® y WaveOne® conformaron los conductos radiculares en los primeros molares mandibulares in vitro sin errores de conformación significativos. Los conductos curvos preparados con PTN® tenían menos transporte apical que los conductos preparados con WaveOne® y PTU®.

En el 2014, Capar et al.¹³, compararon los efectos de seis sistemas rotatorios diferentes en el transporte radicular, la curvatura del conducto, la relación de centrado, el área de superficie y los cambios volumétricos de los conductos curvos de la raíz mesial del molar mandibular a través de imágenes tomográficas computarizadas de haz cónico (CBCT). Los conductos radiculares mesiovestibulares de 120 primeros molares mandibulares con un ángulo de curvatura que oscila entre 20° y 40° se dividieron en seis grupos de 20 conductos. Según las imágenes de CBCT tomadas antes de la instrumentación, los grupos se equilibraron con respecto al ángulo y el radio de curvatura del conducto. Los conductos radiculares se formaron con los siguientes sistemas con un tamaño apical de 25: OneShape® (OS), ProTaper Next X2®, Reciproc® (R) R25, Twisted File Adaptive® (TFA) SM2 y WaveOne Primary®. Se concluyó que los seis sistemas de limas diferentes enderezaron la curvatura del conducto radicular de manera similar y produjeron un transporte similar en la preparación de los conductos mesiales de los molares mandibulares. La instrumentación R exhibió un rendimiento superior en comparación con los sistemas OS, TFA y PN

con respecto al cambio volumétrico.

Gergi et al.¹⁴ en el 2014 evaluaron y compararon el transporte por canales de conductos radiculares curvos mediante el uso de tres sistemas de níquel-titanio: Reciproc[®], WaveOne[®] y Twisted Files Adaptive (TF)[®]. Para llevar a cabo el experimento se seleccionaron veinticuatro molares mandibulares humanos extraídos con dos canales mesiales separados y un ángulo de curvatura severo. Los conductos individuales se dividieron aleatoriamente en uno de los tres grupos experimentales: grupo Reciproc[®], instrumentación recíproca con Reciproc[®]R25; Grupo WaveOne[®] instrumentación recíprocante con la lima WaveOne[®] Primary; y grupo TF Adaptive[®], adaptación en movimiento con las limas TF Adaptive[®]. Cada grupo constaba de 16 conductos radiculares. Las muestras se escanearon antes y después de la preparación del conducto radicular con una resolución isotrópica de 20 μ m mediante tomografía microcomputarizada. Se registró el grado de transporte por el canal, además de la capacidad de centrado de los instrumentos. Se encontró que el sistema adaptativo TF[®] tenía menos transporte por el conducto y mejor capacidad de centrado en comparación con los grupos recíprocantes.

En el 2015, Agarwal et al.¹⁵ compararon el transporte del conducto, la capacidad de centrado y el tiempo necesario para la preparación de los conductos radiculares curvos después de la instrumentación con los sistemas de lima única OneShape[®] y WaveOne[®], y ProTaper[®] de secuencia completa, utilizando tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). Sesenta conductos mesiovestibulares de molares mandibulares con un ángulo de curvatura que varía de 20 a 35 grados, se dividieron en tres grupos de 20 muestras cada uno: ProTaper[®] PT (grupo I) - grupo de control rotatorio de secuencia completa, OneShape[®] OS (grupo II) - rotación continua de una sola lima, WaveOne[®] WO - movimiento recíprocante de una sola lima (grupo III). Se observó que no había diferencias en la magnitud del transporte entre los instrumentos rotatorios ($p >$

0.05) tanto a 3 mm como a 6 mm del ápice. A 9 mm del ápice, el PT del Grupo I mostró un transporte medio del conducto significativamente más alto y una menor capacidad de centrado (0.19 ± 0.08 y 0.39 ± 0.16), en comparación con el OS del Grupo II (0.12 ± 0.07 y 0.54 ± 0.24) y el WO del Grupo III (0.13 ± 0.06 y 0.55 ± 0.18) mientras que las diferencias entre OS y WO no fueron estadísticamente significativas.

Dhingra, Ruhai y Miglani¹⁶, en el 2015, compararon y evaluaron el Sistema de Instrumentación de Lima Única WaveOne[®], Reciproc[®] y OneShape[®], sobre el grosor de la dentina cervical, el área de la sección transversal y el transporte del conducto en el primer molar mandibular utilizando Tomografía Computarizada de Haz Cónico. Sesenta primeros molares mandibulares extraídos por razones periodontales fueron colectados del Departamento de Cirugía Oral y Maxilofacial. Los dientes se prepararon usando un sistema de limas rotatorio y dos reciprocantes. Los dientes se dividieron en tres grupos de 20 dientes en cada grupo. Se encontró que el cambio en el área de la sección transversal después de la presentación mostró una diferencia significativa a 0 mm, 1 mm, 2 mm y 7 mm ($p < 0,001$, $p = 0,006$, $0,004$ y $< 0,001$ respectivamente). Hubo una diferencia significativa entre WaveOne[®] y OneShape[®]; OneShape[®] y Reciproc[®] a 0 mm, 1 mm, 2 mm y 7 mm (valores p para WaveOne[®] y OneShape[®] < 0.001 , 0.022 , 0.011 y < 0.001 respectivamente; y para OneShape[®] y Reciproc[®] < 0.001 , $p = 0.011$, $p = 0.008$ y < 0.001). Al evaluar el transporte de los tres sistemas de limas a una distancia de 7 mm (comenzando desde 0 mm y luego evaluando a 1 mm, 2 mm, 3 mm, 5 mm y 7 mm), los resultados mostraron una diferencia significativa entre los sistemas de limas en varias longitudes ($p = 0.014$, 0.046 , 0.004 , 0.028 , 0.005 y 0.029 respectivamente).

Liu y Wu¹⁷ en el 2016; determinaron la tensión de la superficie radicular (SS) generada y la extensión del transporte del centro del conducto durante la

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE® Y WAVEONE GOLD®

conformación del conducto utilizando tres instrumentos diferentes de níquel-titanio. Se prepararon conductos radiculares simulados en bloques de resina (n = 10 por grupo) utilizando movimiento rotatorio adaptativo con Twisted File Adaptive® [TFA]; movimiento recíprocante con WaveOne® (WO) y movimiento rotatorio continuo con limas ProTaper Next®. Los bloques se escanearon mediante imágenes tomográficas microcomputarizadas para evaluar la desviación del centro del conducto en tres secciones después de la instrumentación del conducto radicular. Se concluyó que los conductos curvos preparados con TFA® mostraron menor SS y menos transporte del centro del conducto en la sección apical que los sistemas WO® y PTN®. La SS generada durante la conformación del conducto se correlacionó con el transporte del centro del conducto de una manera específica del sitio.

Kishore et al.¹⁸, en el 2017, compararon la capacidad de transporte y centrado del conducto de tres sistemas rotatorio de níquel-titanio (NiTi) (Twisted Files® [TF], memoria controlada HyFlex® [CM] y WaveOne® [WO]) en conductos radiculares curvos utilizando tomografía computarizada (TC). Se seleccionaron sesenta dientes unirradiculares recién extraídos con conductos de raíz curvos con al menos 25–35 grados de curvatura. Los dientes se dividieron aleatoriamente en tres grupos experimentales de veinte cada uno. Después de la preparación con TF®, HyFlex CM® y WO®, se escanearon todos los dientes usando TC para determinar la forma del conducto radicular. Se observó menos transporte apical y mayor capacidad de centrado en el sistema de limas HyFlex CM® en las tres secciones, seguido de TF®. El sistema de limas WO® mostró el máximo transporte. Se concluyó que la preparación del conducto con el sistema de limas HyFlex CM® mostró menos transporte y mejor capacidad de centrado que el sistema de limas TF®, WO®.

Vallabhaneni, Fatima y Kumar¹⁹ en el 2017 compararon el transporte por

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE[®] Y WAVEONE GOLD[®]

conductos de dos sistemas de una sola lima, WaveOne Gold[®] y Neoniti[®], utilizando la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). Se eligieron un total de 40 conductos mesiovestibulares de primeros molares superiores con curvaturas de 15°-30° y se dividieron aleatoriamente en dos grupos experimentales (n = 20). Los conductos se escanearon antes y después de la instrumentación utilizando un escáner CBCT para evaluar el transporte del conducto radicular a 3, 5 y 7 mm del ápice. Los datos se analizaron estadísticamente y el nivel de significación se estableció en $P < 0,05$. El transporte mesiodistal y bucolingual mostró una diferencia estadísticamente significativa a 3 mm ($P = 0.009$) y 7 mm ($P = 0.002$), respectivamente, cuando fueron instrumentadas con Neoniti[®] que WaveOne Gold[®]. La lima de reciprocidad único WaveOne Gold[®] mantenía mejor la anatomía del conducto original que la lima continua único Neoniti[®].

Yuan y Yang²⁰, en el 2018; compararon la capacidad de conformación del sistema de una sola lima (WaveOne[®], WO) versus el sistema de limas múltiples (ProTaper Next[®], PTN) en conductos curvos. Se prepararon un total de 20 conductos severamente curvos con WO[®] o PTN[®]. Se utilizó tomografía microcomputada para escanear las muestras antes y después de la instrumentación. Se encontró que el contorno de los conductos después de la preparación mostró una disminución gradual en ambos grupos. El área de superficie del conducto, el volumen, el índice del modelo estructural (SMI), el grosor y la curvatura del conducto aumentaron significativamente después de la preparación en ambos grupos, y no se encontraron diferencias significativas entre los grupos. En el tercio apical, los conductos preparados con WO[®] mostraron valores de transporte mayores en comparación con los del grupo PTN[®] en la dirección de la curvatura principal. Aproximadamente 29-34% de la superficie del conducto radicular permaneció sin instrumentar después de la preparación y no se notó una diferencia significativa entre los grupos. Se pudo

concluir que los dos sistemas de instrumentos mantuvieron bien el contorno original de los conductos. Los conductos preparados con PTN tenían menos transporte y estaban mejor centrados en la región apical.

Cui et al.²¹, en el 2018, compararon las capacidades de conformación de los instrumentos de Ni-Ti ProTaper Next[®] (PN) y WaveOne [®](WO) en dientes impresos tridimensionales (3D), que pueden superar los defectos actuales de la mayoría de los dientes reales y dientes modelo, incluidos conductos 3D en forma de S. Se prepararon seis dientes y sus correspondientes réplicas impresas en 3D utilizando el mismo tipo de instrumento Ni-Ti. Se utilizaron veinte dientes impresos en 3D con conductos en forma de S para apoyar el estudio de preparación. A continuación, se utilizaron los dos tipos de instrumentos para preparar los conductos impresos en 3D (n = 10 por grupo). Se midió el volumen y el área de superficie de los conductos, el transporte a lo largo de las dos curvaturas y el porcentaje de área de superficie no preparada. El software Micro-CT y VGstudio2.2 (VG2.2), se utilizaron para realizar exploraciones y recopilar datos a lo largo de la investigación. En conclusión, los dientes impresos en 3D son adecuados para el estudio de instrumentos rotatorios de Ni-Ti. Además, el sistema rotatorio PN[®] causó menos transporte en la curva apical que el sistema WO[®] en procedimientos complicados del conducto radicular.

Vorster, van der Vyver y Paleker²² en el 2018, compararon la capacidad de centrado y los valores de transporte del instrumento Primary WaveOne Gold[®] (PWOG) con o sin diferentes técnicas de trayectoria de potencia. La capacidad de centrado y el transporte también se compararon entre los tres grupos diferentes de preparación de la trayectoria de potencia. Se seleccionaron los conductos mesiovestibulares de 60 molares mandibulares humanos, extraídos (ángulos de curvatura entre 25° y 35° y radios # 10 mm) y se dividieron aleatoriamente en cuatro grupos con quince conductos cada uno. Se utilizaron

imágenes tomográficas microcomputarizadas para escanear los dientes antes y después de la preparación de la trayectoria de patencia. La preparación final del conducto, se realizó con PWOG[®]; después de lo cual, las 60 muestras fueron escaneadas nuevamente usando imágenes tomográficas microcomputarizadas. El transporte del conducto y los valores de la relación de centrado se determinaron en niveles de 3 mm, 5 mm y 7 mm desde el ápice de la raíz después de la preparación de la trayectoria de patencia y nuevamente, después de la preparación final con PWOG[®]. Se concluyó que el rendimiento del instrumento PWOG[®] con respecto a la capacidad de centrado y el transporte no fue influenciado por los diferentes grupos de preparación de trayectoria de patencia / sin patencia.

En el 2018 también, Centenaro et al.²³ cuantificaron la presencia de níquel (Ni) y titanio (Ti) en las paredes de la dentina de los conductos radiculares preparados, utilizando los sistemas Endosequence[®] (ES) y WaveOne[®] (WO), la deformación y la fractura de estos instrumentos. Se seleccionaron treinta dientes premolares humanos extraídos y se prepararon con WO[®], ES[®] y manualmente (grupo de control - GC). Cada instrumento se usó en cuatro conductos radiculares. Los conductos radiculares se irrigaron con solución de hipoclorito de sodio al 2.5%. Después de la preparación, las raíces se seccionaron longitudinalmente y el tercio apical se analizó mediante microscopía electrónica de barrido con microanálisis de rayos X (MEB-EDS). El nivel de significación se estableció en 5%. Se encontraron Ni y Ti en las paredes de dentina del conducto radicular apical para los sistemas ES[®] y WO[®] ($p > .05$). No se observó distorsión en las espirales ni fractura del instrumento. Con respecto al desgaste de la superficie, la mayoría de los instrumentos se calificaron como de desgaste moderado ($p > .05$). Este estudio concluyó que el WO[®] y el ES[®] presentaron pérdida de Ni y Ti. Además, la preparación de cuatro conductos radiculares no causó una deformación irreversible en instrumentos WO[®] y ES[®].

Singh et al.²⁴ en el 2019, compararon la capacidad de conformación de tres sistemas de limas: 2Shape[®] (2S), WaveOne Gold[®] (WOG) y ProTaper Gold[®], utilizando la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). Cuarenta y cinco dientes mandibulares recién extraídos fueron elegidos e instrumentados, utilizando las siguientes marcas de limas NiTi: 2S[®], WOG[®] y ProTaper Gold[®]. Las imágenes CBCT antes y después de la instrumentación, se realizaron para medir la distancia mesial y distal de las paredes de la dentina y calcular el volumen de dentina extraída, el transporte apical y la relación de centrado. Se realizó un análisis estadístico de los datos utilizando una prueba t independiente. La significación estadística se estableció en 5%. No hubo diferencias significativas entre el 2S[®] y el WOG[®] en términos del volumen total de dentina extraída, transporte apical y relación de centrado, mientras que ProTaper[®] mostró una diferencia significativa mayor en comparación con el 2S[®] y el WOG[®]. Tanto 2S[®] como WOG[®] mantuvieron mejor la anatomía del conducto original y no eliminaron el exceso de dentina durante la preparación quimiomecánica en comparación con ProTaper Gold[®].

Aydin et al.²⁵ en el 2019 compararon las capacidades de transporte y centrado de los sistemas de limas ProGlider[®] (PG), WaveOne Gold Glider[®] (WOGG) y R-Pilot[®] (RP) y los cambios en el índice del modelo estructural (SMI), área de superficie y volumen del conducto radicular (después de crear la trayectoria de deslizamiento en los conductos mesiales de los primeros molares mandibulares con curvatura moderada), utilizando el método de tomografía microcomputada (micro-CT). En el estudio, se utilizaron 24 primeros dientes molares mandibulares con dos conductos mesiales, separados y una curvatura moderada (10°-20°). Después de escanear con imágenes de micro-CT antes del procedimiento, los dientes se dividieron en tres grupos, PG[®], WOGG[®] y RP[®] (n = 10 / cada grupo), seguidos del procedimiento de trayectoria de patencia.

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE[®] Y WAVEONE GOLD[®]

Después de la preparación del conducto radicular, los cambios en los conductos radiculares con respecto al volumen, el área superficial, el SMI, el transporte realizado por las limas y el cambio de su capacidad de centrado en el tercio apical, medio y coronal se analizaron mediante imágenes de micro-CT. Los datos se evaluaron estadísticamente con un nivel de significancia establecido en 5% ($P < .05$). Se pudo demostrar que los sistemas de limas WOGG[®] y RP[®] causaron niveles similares de cambio en los sistemas de conducto radicular basados en todos los parámetros. Además, se determinó que el sistema de limas PG[®] causó un aumento de volumen y área superficial significativamente mayor que los sistemas de limas WOGG[®] y RP[®].

En el 2019 Poly et al.²⁶ compararon el transporte de conducto y la relación de centrado, producida después de la instrumentación con un solo sistema reciprocante tratado con calor, WaveOne Gold[®] (WOG) y un solo instrumento rotatorio tratado con calor, XPendo Shaper[®] (XPS), utilizando tomografía microcomputada (micro-CT) imagenología, y evaluó la capacidad de la radiografía digital doble (DDR) para detectar el transporte de conducto. Para lograr esto los conductos de la raíz mesial de los molares mandibulares con curvatura severa (25-70°), se asignaron aleatoriamente a grupos WOG[®] o XPS[®] para su preparación. La relación de centrado se midió mediante imágenes de micro-CT, mientras que el transporte de conducto, se midió mediante métodos de micro-CT y DDR a 3, 5 y 7mm del ápice. Los datos se compararon estadísticamente entre los grupos mediante la prueba t ($\alpha = 5\%$). Se pudo demostrar que la técnica de micro-CT, reveló una capacidad de centrado significativamente mejor y menos transporte de conducto con XPS[®] en comparación con WOG[®]. La técnica DDR no fue capaz de detectar la diferencia significativa entre los grupos probados.

Bürklein, Flüch y Schäfer²⁷ en el 2019 compararon el enderezamiento de los conductos con M-wire [Reciproc][®] y WaveOne[®] (Dentsply Maillefer) y Reciproc Blue[®] (VDW) y WaveOne Gold[®] (Dentsply Maillefer) en conductos radiculares severamente curvados. Un total de 80 conductos radiculares en dientes humanos, extraídos, con ángulos de curvatura entre 25 ° y 35 ° y radios entre 3.1 y 8.5 mm, se dividieron en cuatro grupos (n = 20). Según las radiografías tomadas antes de la instrumentación, los grupos se equilibraron con respecto al ángulo y al radio de curvatura del conducto (P = 1.0 y P = 1.0, respectivamente). Todos los conductos se prepararon en un tamaño apical de 25, según las instrucciones del fabricante. Las radiografías previas y posteriores a la instrumentación, se superpusieron y el enderezamiento del conducto se analizó utilizando un programa de imágenes por computadora. El tiempo de preparación y la falla del instrumento también se registraron. Durante la preparación, ningún instrumento se fracturó. Todos los instrumentos mantuvieron bien la curvatura del conducto original sin diferencias significativas entre los instrumentos (P = 0.278). En cuanto al tiempo de preparación, no se obtuvieron diferencias significativas entre los cuatro instrumentos (P > 0.05). Bajo las condiciones de este estudio, todos los instrumentos respetaron bien la curvatura del conducto original. Los instrumentos eran seguros de usar. El uso de instrumentos Reciproc Blue[®] (VDW), no se asoció con una capacidad de conformación mejorada.

5.2 TRANSPORTACION APICAL DE CONDUCTOS RADICULARES

La transportación apical no es más que el enderezamiento del instrumento dentro del conducto; lo cual pasa generalmente con frecuencia. A consecuencia de esto, resulta en un ensanchamiento en la zona externa de la curvatura en el conducto y una preparación deficiente en la parte interna de la zona apical. Esto conlleva a una desviación del conducto en el eje longitudinal.⁵

5.2.1 Factores que influyen en el transporte apical

Se debe tener consideraciones especiales durante la preparación del acceso como lo son la caries, restauraciones defectuosas, y la estructura dental sin soporte: estos problemas deben ser abordados durante la fase de acceso y pueden requerir la colocación temporal de materiales de restauración; durante la preparación, se generan residuos que pueden ocasionar bloqueo de los conductos y ellos podrían ser forzados al periápice; otra de las causas que pueden cambiar el trayecto original de la anatomía del conducto radicular son las extensas restauraciones; se debe considerar la preparación de acceso, antes de la colocación del dique de goma, como una ayuda visual para impedir el posible cambio del trayecto original de la anatomía del conducto radicular, además de los conductos calcificados, importante es utilizar el eje largo del diente para mejorar la orientación. Se tienen otras variables como lo son la instrumentación inadecuada y la obturación del sistema de conducto, perforaciones, y el dolor postoperatorio.²⁸

Durante la preparación químico-mecánica del conducto radicular, pueden ocurrir accidentes de procedimientos como bloqueos o taponamientos, escalones, perforaciones, fractura de instrumentos y transportación del conducto radicular. Se define transportación como la remoción excesiva de dentina, en forma irregular, de algunas de las paredes del conducto, desplazándolo de su posición original y modificando su geometría natural.²⁹

Para evitar la ocurrencia de este fenómeno, se ha trabajado en el desarrollo de técnicas e instrumentos, utilizando una aleación de níquel-titanio (NiTi) en la confección de limas, lo que las hace más flexibles que las limas clásicas de acero inoxidable y más resistentes a la fractura. Algunas de las ventajas son mejorar la entrada a los conductos radiculares, disminuir los escalones y la transportación, menos probabilidad de fractura, acelera la instrumentación,

disminuye la tensión en las paredes de los conductos durante la obturación, menor esfuerzo del operador, menos posibilidad de taponamiento apical, mejor remoción de detritus y una obturación más simple del conducto con técnicas termoplásticas.³⁰

Varios errores de procedimiento relacionados con el transporte del conducto se conocen: daños del foramen apical, formación codo o escalones, formación de zip y perforación. Las perforaciones representan el peor daño iatrogénico, produciendo una comunicación entre el espacio del conducto radicular y el periodonto causando irritación de los tejidos peri-radicales.³¹

El zip apical, corresponde con lo que en algunas ocasiones se tradujo como "pata de elefante", puede ser causado por limas más grandes y rígidas cuando se utiliza para la longitud de trabajo completa y se caracteriza por una forma de sección transversal, elíptica de la parte apical del conducto, que consiste en un ensanchamiento en el extremo del conducto ("*zip*"), con el consiguiente estrechamiento, justo por encima ("*elbow*"). Esta malformación apical, podría conducir a una inadecuada limpieza del conducto radicular y a la ausencia de una forma de resistencia apical, que puede dar lugar a la obturación insuficiente, favoreciendo la filtración, infección y posiblemente el fracaso del tratamiento. Algunos sinónimos de *zipping apical* se sugieren: forma de reloj de arena, lágrima o rasgadura foraminal.³¹

Se propone la siguiente categorización del transporte apical:

- Tipo I: sólo un movimiento de menor importancia de la posición del foramen fisiológico, lo que resulta en la reubicación iatrogénica ligera.
- Tipo II: movimiento moderado de la posición fisiológica del foramen, lo que resulta en una considerable reubicación iatrogénica en la superficie externa de la raíz. En este tipo de transportación apical,

existe una comunicación más grande con el espacio periapical y de los intentos de crear una forma más coronal, se puede debilitar o perforar la raíz.

- Tipo III: movimiento severo de la posición fisiológica del conducto, lo que resulta en la reubicación iatrogénica significativa del foramen fisiológico.³²

5.3 CONDUCTOS CURVOS

Un aspecto importante que se debe considerar, cuando hablamos de anatomía del conducto radicular, son las curvaturas que este puede presentar durante su trayecto. Si no son consideradas, pueden tener como resultado la transportación de la zona exterior de la curva, producto de la tendencia del instrumento al volver a su forma inicial. Se debe considerar, que la mayoría de los conductos se curvan no solo en una, sino en varias porciones y en diferentes planos, lo que complica aún más su tratamiento. En general, cuanto más severa sean las curvaturas y más corto su radio, es más difícil su instrumentación. Varios métodos han sido descritos para determinar la curvatura del conducto; siendo el más utilizado la técnica de Schneider. Para lograr esto, se traza una línea paralela a lo largo del eje del conducto del tercio coronal, una segunda línea paralela es trazada desde el foramen apical a un punto donde se une con la primera (inicio de la curvatura). El ángulo resultante es el que se medirá. Los conductos curvos fueron definidos por Schneider en el año 1971 como el ángulo formado por la proyección del eje dentario y la tangente del ápice radicular, según el ángulo se clasifican en tres categorías: leve (9° o menos), moderada (entre 10 y 24°) y severa (25 a 70°).³¹

5.3.1 Manejo Clínico de Conductos con Curvaturas Severas

El manejo clínico de la anatomía compleja del conducto radicular puede ser difícil y frustrante, pero también es muy gratificante tratar las curvaturas de radio

corto o multiplanar, y en muchos casos, solo existe una oportunidad de trabajarlas completamente. La mayoría de estos conductos se bloquean cerca del término de la raíz o ápice.³³

El primer paso, es la revisión cuidadosa de las radiografías preoperatorias, reconociendo la presencia de curvaturas severas radiográficamente e identificando otras consideraciones importantes en el tratamiento. Los factores importantes para tomar en cuenta incluyen la longitud, el grado y la dirección de las curvaturas; el número de curvaturas; la posición del diente en el arco; y la posición de la corona en relación con las raíces. Esta información proporciona una perspectiva para comenzar un proceso de gestión segura y exitosa del sistema de conducto radicular.³³

La imagen digital ha hecho que sea más fácil el proceso de análisis de las curvaturas del conducto radicular. La mayoría de los sistemas de software de imágenes, tienen herramientas para ayudar en la evaluación previa al tratamiento, incluyendo herramientas de medición, herramientas de filtrado de imágenes, herramientas de aumento y otras características útiles. La tomografía computarizada de haz de cono (CBCT) también es muy útil, pero no siempre es necesaria con una buena comprensión de la técnica de imagen bidimensional.³³

Antes de iniciar el tratamiento en cualquier conducto potencialmente curvo, el odontólogo debe estudiar sus tres características anatómicas más importantes:

1. El grado de curvatura.
2. La longitud de la curvatura.
3. El radio de la curvatura.³³

Estos serán los primeros factores determinantes en cómo se seleccionan los instrumentos, para escoger los instrumentos adecuados con seguridad,

cuidando la anatomía. Las radiografías múltiples en ángulo, brindan una buena idea de la anatomía, la cual, se puede proyectar en tres dimensiones, particularmente si no tiene disponible la tecnología CBCT. Una radiografía desplazada, puede dar al odontólogo información importante sobre la presencia de sutiles curvaturas en el plano vestibulolingual, como la apariencia de "ojo de buey" de la raíz mesial que se muestra en la (Figura 1). En este caso particular, también parecía haber una anatomía compleja en el conducto distal.³³



Figura 1: presencia de sutiles curvaturas en el plano vestibulolingual, como la apariencia de "ojo de buey" de la raíz mesial³³

Una vez que los conductos se identifican y se eligen los adecuados pasos a seguir e instrumentos a utilizar, se obtiene más información sobre el grado y el radio de curvatura, exponiendo las radiografías de las limas de trabajo angulados, como se muestra en la (Figura 2). Se expuso una radiografía "recta" en (Figura 2a), y se expuso una imagen en ángulo distal (Figura 2b). Tenga en cuenta, cuánta información se obtiene sobre la anatomía de estas dos radiografías. Está claro que la raíz distolingual tiene un radio de curvatura corto, significativo, tanto en la dirección distal como en la dirección vestibular. Es importante conocer esta información antes del inicio de la instrumentación.³³

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE® Y WAVEONE GOLD®

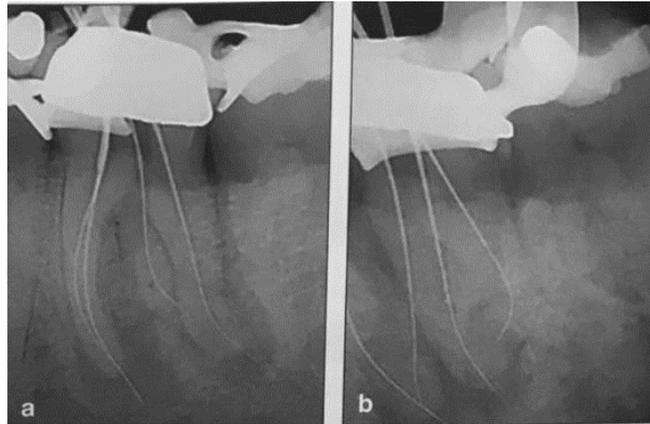


Figura. 2: Radiografía (a) “Recta” en la radiografía; (b) radiografía de ángulo distal. Nótese cuanta información se gana acerca de la anatomía de estas dos radiografías. Es claro que la raíz distolingual tiene un radio corto significativo de curvatura en ambos, la dirección distal y la dirección bucal.³³

Los instrumentos rotatorios de níquel-titanio (Ni-Ti) son muy eficientes para trabajar curvaturas en dos planos, curvaturas largas y curvaturas con radios largos. Sin embargo, los instrumentos manuales son cruciales, al menos en las primeras etapas de instrumentación de casos de curvatura corta o multiplanar como este. Los instrumentos rotatorios, generalmente se pueden introducir de forma segura una vez que se ha establecido y ampliado una trayectoria de patencia con instrumentos manuales.

Una vez que se realiza la evaluación inicial sobre la anatomía de las imágenes preoperatorias, el uso de herramientas de medición es útil en la selección de limas. Los casos presentados en (Figura 3) muestran cómo se aplica este proceso. Las mediciones se realizan en la radiografía para brindarle al odontólogo información sobre cómo organizar la secuencia de modelado y evitar rebordes, bloqueos o perforaciones. En la figura 3a, la distancia aproximada desde el punto de referencia coronal hasta el primer punto de curvatura es 14.18 mm. La instrumentación inicial se realiza en un punto justo por debajo de 14 mm. Esto permitirá suficiente espacio para que las limas precurvadas avancen

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE® Y WAVEONE GOLD®

pasivamente, alrededor del punto de curvatura hasta el término de la raíz o hasta el segundo punto de curvatura en las raíces multiplanar.³³

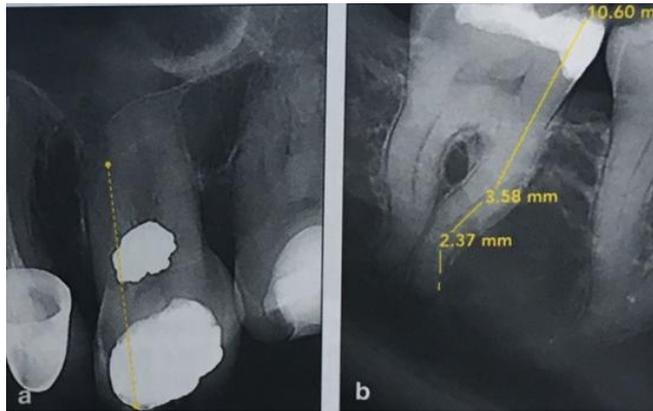


Figura 3³³

El uso de herramientas de medida es útil en la sección de la lima. (a) La distancia aproximada desde el punto de referencia coronal al primer punto de curvatura es 14.18mm. La instrumentación inicial es ejecutada a un punto corto de 14mm. Esto permitiría suficiente espacio para las limas precurvadas a mano para avanzar pasivamente alrededor del punto de curvatura al término de la raíz o al segundo punto de curvatura en raíces multiplanares. (b) Medidas digitales hechas de curvaturas secundarias y terciarias más profundas más allá del primer punto de curvatura.³³

5.3.2 Curvas Multiplanar

Los dientes con curvas multiplanares se manejan idealmente, utilizando una técnica de conformación por etapas. El sistema está conformado en tres incrementos para evitar errores de procedimiento. Una secuencia típica de instrumentación procedería de la siguiente manera:³³

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE[®] Y WAVEONE GOLD[®]

Etapa 1: 10.6 mm de conformación hasta el primer punto de curvatura. Instrumentación rotatoria y generosa irrigación con hipoclorito de sodio de 1 o 2mm por debajo de ese punto.³³

Etapa 2: se coloca una lima precurvada para acceder pasivamente los siguientes 3.5 mm de longitud hasta el siguiente punto de resistencia. Es fundamental utilizar irrigación abundante durante todo el procedimiento para evitar el bloqueo de un conducto con una anatomía que posea una curva más profunda. La instrumentación rotativa se puede utilizar en la etapa 2.³³

Etapa 3: las limas manuales precurvadas, se continúan hasta el final con irrigación e instrumentación rotatoria, si corresponde. En la mayoría de los casos, las limas manuales son más seguras de usar que los rotatorios en el área apical. Esta técnica es muy beneficiosa para curvaturas severas y curvaturas con radios agudos (Figura 4).³³

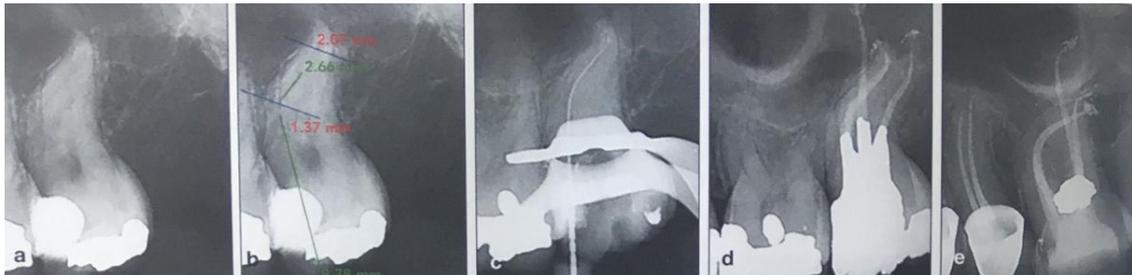


Figura 4: Una técnica de modelado por etapas es beneficiosa para las curvaturas severas y los radios agudos de las curvaturas; (a) Imagen preoperatoria de un conducto radicular curvo severamente multiplanar. (b) Las mediciones digitales de los puntos de curvatura anticipados ayudan en la planificación de la instrumentación. (c) Lima de trabajo en longitud. (d) Obturación final. (e) Caso clínico con un radio de instrumental de curvatura largo utilizando esta técnica.³³

Durante este proceso, la información se obtiene "leyendo" las limas, a medida que se retiran del sistema de conducto. Se deben utilizar limas manuales de diámetro pequeño, de acero inoxidable, para iniciar y ayudar en este proceso. Si

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE[®] Y WAVEONE GOLD[®]

la técnica se realiza con cuidado, las limas de tamaño 06, tomaran perfectamente las curvaturas presentes, lo que ayudará al odontólogo a determinar el grado y la dirección de la curvatura en la profundidad del sistema de conducto. Si se utiliza un proceso de modelado por etapas, la toma de la curvatura permanecerá visible al retirarse del conducto, como se muestra en (Figura 5). El espacio creado coronalmente, hace que la lima sea menos propensa a unirse y enderezarse durante el proceso de extracción. Se deben utilizar instrumentos manuales con topes de goma y un punto de referencia, para proporcionar una orientación repetible de la lima. Esto le permite precurvar la lima manual, según se vaya aumentando de diámetro y avanzar pasivamente con calibraciones o bordes limitados en anatomía profunda. La lima en (Figura 5) fue retirada de un conducto con patencia. Tenga en cuenta la curvatura fina de 2 a 3 mm en apical, la lima impartida por el conducto. Al retirarse, tenga en cuenta la dirección de curvatura en los planos vestibulolingual y mesiodistal.³³



Figura 5: Esta lima fue retirada de un canal patente. Tenga en cuenta la curvatura fina impartida por el conducto en el apical de 2 a 3 mm de la lima. Al retirarse, observe la dirección de la curvatura en los planos bucolingual y mesiodistal.³³

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE[®] Y WAVEONE GOLD[®]

La figura 6, muestra la orientación de la curvatura, según la marca negra en el tope de goma, lo que permite que la colocación posterior de la lima alrededor de la curvatura, sea más predecible con limas más grandes (figura 7).

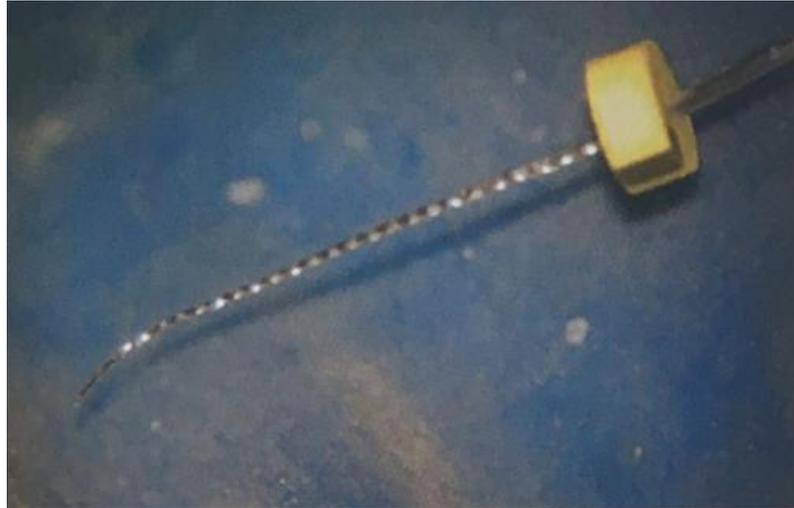


Figura 6: La orientación de la curvatura a la marca “de picadillo” en el tope.³³



Figura 7: Fotografía que muestra la curvatura de la lima de impresión impartida a las limas más grandes posteriores.³³

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE[®] Y WAVEONE GOLD[®]

Este protocolo ayudará a gestionar, incluso la curvatura más desalentadora, como la que se muestra en (Figura 8). La última lima utilizada presente en (Figura 8a) es una lima manual, precurvada de mayor diámetro.³³

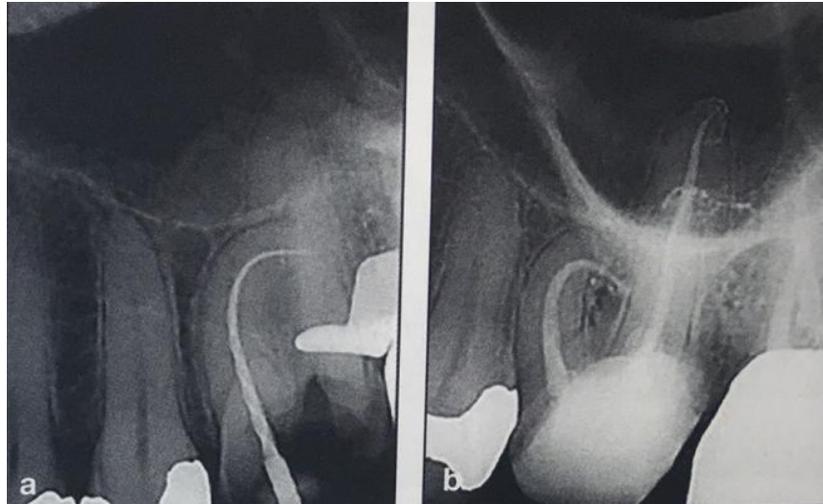


Figura 8: (a y b) La técnica de modelado por etapas, ayudará a manejar las curvaturas tan desalentadoras como esta.³³

5.3.3 Mantener la curvatura con un modo rotacional de manipulación de instrumentos manuales

La mecánica de la acción rotacional de los instrumentos manuales se describió anteriormente. El enfoque es inherentemente propicio, para el mantenimiento de las curvaturas del conducto. Sin embargo, esto no puede darse por cierto. Es posible que algunos operadores pierdan el control y alinien conductos curvos, utilizando incluso una técnica rotacional. Además, los operadores a menudo tienen que practicar el método de lograr una ampliación del conducto satisfactoria. Cuando se realiza la instrumentación mínima, la tendencia es producir cavidades de acceso radicular estrechamente cónicas. Sin embargo, algunos operadores pueden producir cavidades de acceso radicular ampliamente cónicas utilizando protocolos supuestamente idénticos. La diferencia radica en el grado de manipulación del instrumento y la cantidad de

fuerza utilizada apicalmente. A diferencia de la técnica de limado, el cual, el número de variables que requieren control es limitado e interrelacionado.³⁴

Estos son:

- Grado de penetración apical del instrumento (sinónimo y proporcional al grado de rotación, cuando se visualiza como la penetración de un tornillo en un orificio, una combinación adecuada entre el conducto y el instrumento).
- La frecuencia de la rotación en sentido horario y anti-horario (con o sin presión apical en rotación anti-horario- la lima puede girar hacia afuera, permanecer en el mismo nivel o avanzar más apicalmente).
- El grado de presión apical que acompaña en sentido anti-horario al torque, afecta el grado de corte de la dentina.
- El grado de torque rotacional (tanto en rotación en sentido horario, como en sentido anti-horario) afecta la profundidad del corte de dentina.
- Una combinación de penetración apical agresiva y torque rotacional, especialmente con instrumentos rígidos más grandes, puede conducir a la pérdida de la curvatura en el acceso radicular.
- El grado de ensanchamiento del conducto está controlado por el tamaño del instrumento utilizado, así como por el grado de manipulación (ciclo rotacional). Ciclos excesivos pueden conducir a la eliminación incontrolada de dentina.
- Se puede utilizar una combinación de cualquiera de las estrategias para preparar cavidades de acceso radicular que mantienen la curvatura original de los conductos radiculares.³⁴

5.3.4 Mantenimiento de Curvaturas Doble

Los sistemas de conducto radicular a menudo contienen conductos principales (vías continuas trazadas por instrumentos del conducto radicular desde la

entrada del conducto hasta el término o ápice), que exhiben dos o más curvaturas. Estas curvas dobles pueden estar en el mismo plano o en planos diferentes. La mayoría de las veces, las segundas curvas no son radiográficamente visibles porque ocurren dentro del plano radiográfico, con la probabilidad que se ignore el segundo plano. Un operador exigente o capacitado, puede detectar la curva adicional como una resistencia no reconocida a la manipulación de limado. Por lo tanto, cuando se utiliza la técnica de limado, la curva no detectada puede enderezarse y, si la dentina de la raíz es delgada, provocaría una perforación en la furca. El uso de una técnica de rotación suave es más probable que retenga la curva.³⁴

Algunas veces, las curvaturas doble en el conducto serán evidentes en el mismo plano radiográfico. Estos son difíciles de mantener, utilizando una técnica de limado único. Se puede enderezar la curva coronal o apical. La preparación de tales curvas con instrumentos rotatorios de níquel-titanio automatizados, solo es posible si las curvas son suaves y el conducto es amplio. De lo contrario, se causará daño en la dentina por el limado y se fracturará. Cuando hay curvas más severas en dos planos, solo la instrumentación manual con una técnica de rotación logrará el resultado deseado. El tamaño del cono puede tener que ser limitado, confiando más en la preparación química.³⁴

5.3.5 Preparación de un Acceso Regularmente Cónico Radicular y Medición

La capacidad de preparar un acceso radicular bien y regularmente cónico, se basa en dos factores:

1. Saber cuándo se debe detener el uso de un instrumento determinado. El uso insuficiente de un instrumento puede dejar el cono demasiado estrecho y el uso excesivo, demasiado amplio.

2. Saber cómo calibrar la correcta medida del instrumento a utilizar (o "sentir" el diámetro a longitudes específicas, utilizando la punta del instrumento de tamaño equivalente).³⁴

5.4 ALEACIONES DE NÍQUEL TITANIO

Schilder, introdujo el concepto de "la limpieza y la conformación" que es la base del éxito en el tratamiento endodóntico, el cual, se logra con una correcta preparación biomecánica que consiste en eliminar los agentes contaminantes (bacterias) y agentes contaminados (tejido pulpar y dentina) por medios físicos, mecánicos y químicos. La preparación biomecánica, es considerada por la mayoría de los autores, como la fase más importante del tratamiento endodóntico, tanto así que una afirmación de Sachs, citada por Kuttler, se volvió célebre en endodoncia: "Lo más importante en el tratamiento de conductos radiculares es lo que se retira de su interior y no lo que se coloque en él".³⁵

Mejoras introducidas en el diseño de los instrumentos, como la configuración de la punta y en el diámetro seccional, permitieron el uso de instrumentos de mayor calibre en el tercio apical. En su momento, se sugirió el uso de instrumentos precurvados de acero flexible, pero se observó que todas las limas de acero inoxidable tienden a generar aberraciones, posiblemente como resultado de la rigidez del metal. Independientemente del uso de instrumentos de acero flexibles, precurvados, no se lograron reproducir sistemáticamente formas redondeadas en el tercio apical de los conductos al usar limas en acción de limado.³⁵

Cuando se contempló la presencia de diferentes tipos y grados de curvaturas presentes en el tercio apical de los conductos, se pudo analizar la limitación de los instrumentos para mantener la forma original de los mismos. Con el fin de minimizar los efectos que éstos producían, se buscaron alternativas y se

sugirieron diferentes técnicas de preparación tendientes a conformar inicialmente la porción coronaria del conducto, de forma tal, que los instrumentos podrían trabajar con menor dificultad en el tercio apical.³⁵

En un intento de superar las dificultades que generaban los instrumentos de acero, han aparecido nuevos instrumentos fabricados a partir de una aleación de níquel titanio que tiene un bajo módulo de elasticidad. Esta propiedad permite que los instrumentos puedan recorrer mejor las curvaturas, disminuyendo la posibilidad de deformarlas. Esta nueva generación de instrumentos endodónticos de níquel-titanio, permite realizar preparaciones biomecánicas en conductos radiculares curvos y estrechos, sin causar irregularidades. Ya que las limas de níquel-titanio poseen una flexibilidad elástica de 2 a 3 veces más que las limas de acero inoxidable y una superior resistencia a la fractura por torsión. La incorporación del níquel titanio, ha permitido mecanizar la instrumentación de los conductos radiculares curvos con técnicas mecánicas rotacionales, mejorando la calidad del resultado, reduciendo el tiempo de trabajo y el esfuerzo físico del operador en comparación con las técnicas manuales.³⁵

5.4.1. Propiedades

Estas aleaciones poseen dos formas cristalográficas: austenita y martensita. La transformación desde la fase austenita a la martensita se produce cuando se aplica un estrés al instrumento (presión, calor). Al iniciarse esta transformación, el instrumento se vuelve frágil y se puede romper con facilidad.³⁵

Memoria de forma: La memoria de forma se refiere a la capacidad de ciertos materiales de “recordar” una forma, incluso después de severas deformaciones: una vez deformados a bajas temperaturas, estos materiales permanecerán deformados hasta que sean calentados, entonces volverán espontáneamente a su forma original que tenían antes de la deformación.³⁵

Velocidad de respuesta: Debido a que se contraen cuando llega a cierta temperatura de activación predefinida de fábrica, alambres muy delgados son capaces de contraerse en una décima o centésima parte de un segundo. Sin embargo, para relajarse de nuevo necesitan enfriarse, lo cual depende de la temperatura ambiente. Se puede llegar a tener varios ciclos por segundo con alambres delgados (50 micrómetros de diámetro) o un ciclo cada tres o cuatro segundos, si el alambre es muy grueso y hace calor.³⁵

Superelasticidad: Aunque el Nitinol fue reconocido inicialmente por su propiedad de memoria de forma térmica, existe otra propiedad muy atractiva y de gran aplicación llamada superelasticidad; la cual se presenta cuando el Nitinol es deformado mecánicamente a una temperatura determinada y una vez que el esfuerzo es retirado, la transformación se invierte y el material recupera su forma original.³⁵

Las aleaciones de níquel-titanio, cuando son sometidas a deformación de hasta 10%, pueden retornar a su forma normal, siendo, por lo tanto, recuperables; mientras que las limas de acero inoxidable solamente retornan a su estado inicial cuando la deformación no es superior al 1%.³⁵

A partir del comportamiento superelástico es posible obtener ciertas ventajas tales como:

- a) Grandes deformaciones recuperables del orden del 10%.
- b) Bajas deformaciones residuales.
- c) Generación de bajos esfuerzos al recuperar su forma original.³⁵

La superelasticidad de esta aleación hace que los instrumentos endodónticos sean más flexibles que los de acero inoxidable, sin exceder su límite de

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE® Y WAVEONE GOLD®

elasticidad, permitiendo así una mejor instrumentación de los conductos radiculares curvos, como también minimizando el transporte del foramen.³⁵

Resistencia a la deformación: Es la fuerza que se ocupa para estirar otra vez el alambre cuando ya se ha enfriado. Esta fuerza es casi siempre, alrededor de una sexta parte de la fuerza que realiza el alambre cuando se contrae. Por ejemplo, el alambre de 100 micrómetros se contrae con una fuerza de 150 gramos, y a su vez requiere de una fuerza de 28 gramos para volver a estirarse.³⁵

Bajo módulo de elasticidad: es la medida de la tenacidad y rigidez del material, o su capacidad elástica. Mientras mayor es el valor (módulo), más rígido es el material. A la inversa, los materiales con valores bajos son más fáciles de doblar bajo carga.³⁵

5.4.2 Evolución de los instrumentos endodónticos de limas manuales y el movimiento recíprocante.

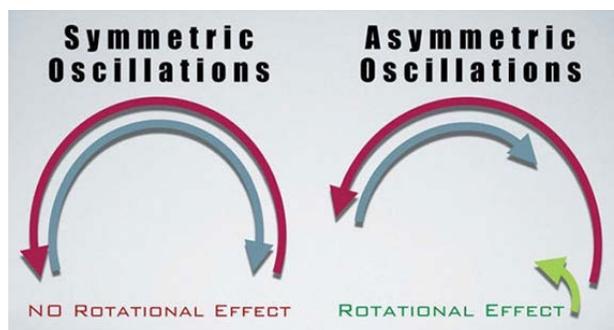


Figura 9: Representación del movimiento Oscilatorio y Recíprocante³⁶

Los instrumentos utilizados en la preparación mecánica de los conductos radiculares son fabricados a partir de ligas metálicas que presentan láminas como la de un bisturí y aristas o bordes cortantes (hélice helicoidal), a lo largo de toda su parte activa (hasta helicoidal). En el presente, hablar sobre la evolución

de los instrumentos es un gran desafío, debido a la alta tasa de informaciones disponibles resultantes de los avances de la bioingeniería y de los vertiginosos desenvolvimientos industriales que colocan a la disposición del profesional un nuevo instrumento, cada seis meses. Existe una continuidad de lanzamientos de productos nuevos, los cuales poseen modificaciones de instrumentos antiguos y actualizaciones de estos para continuar lanzándolos en el mercado.³⁶

Lamentablemente, en los últimos años, la velocidad con que los instrumentos nuevos son lanzados, impide que investigaciones científicas sean realizadas en la misma proporción, generando confusión y dudas en el profesional que va a utilizarlos, no apena en cuanto selección, más que todo en cuanto a protocolo de una preparación más apropiada para su uso clínico, y que este sea sustentado por evidencias clínicas. La verdad, las informaciones a las cuales el profesional tiene acceso son muy variadas y confusas. Por un lado, los materiales de divulgación producidos por las empresas (brochures), que nada más son para el profesional de odontología general y por otro lado, resultados de investigaciones que en razón de alto grado de complicidad metodológica y técnica tornan difícil su comprensión.³⁶

Es importante resaltar que en el transcurso de la historia, los avances tecnológicos, raramente acontecen sin que haya inconvenientes, y el desenvolvimiento de nuevos instrumentos endodónticos confeccionados con la aleación de níquel titanio no fueron la excepción. Después de su lanzamiento, hubo innumerables relatos de transporte apical, excepción de detritos y fracturas, después de su tanto uso en pruebas de laboratorio como en pacientes. Por tanto, es importante que el profesional comprenda profundamente el instrumento, no solo las características físicas del instrumento, si no, más que todo, su comportamiento clínico, buscando optimizar su uso y disminuir errores en el procedimiento, ya que el éxito del tratamiento endodóntico está

directamente relacionado a la efectividad de la preparación mecánica. Por tanto, entender la relación que existe entre las características estructurales y el comportamiento clínico de los instrumentos frente a la anatomía del conducto radicular es fundamental para su uso apropiado.³⁶

La evolución de los instrumentos depende de varios factores que son el origen y las razones por las cuales fueron desarrollados. En la verdad, la idea de desarrollar un instrumento en a una necesidad contenida en un concepto que depende totalmente de la disponibilidad tecnológica del momento. En las últimas cinco décadas, algunos marcos conceptuales, muchos de los cuales aún vigentes, fueron caracterizados por la valiosa contribución de varias personalidades en momentos históricos diferentes.³⁶

En 1962, John Ingle, propuso la patronista Cion de los instrumentos posteriormente adoptada por la International Standards Organization (ISO) Y que, con algunas modificaciones aún están vigentes. Herbert Schilder, en su artículo clásico, publicado en 1934, estableció los conceptos de limpieza instrumentación, propuso el movimiento de la preparación circunferencial, el uso de las fresas Gates Glidden®, además de definir los objetivos de la instrumentación de conductos que serán el establecimiento de una preparación cónica progresiva, en múltiples planos, con su mayor diámetro en la parte cervical y el menor para cortar, sin que haya transporte o la ampliación del foramen apical.³⁶

En 1985, James Robaré, introdujo la primera lima manual, flexible, con punta activa y desarrolló el concepto de fuerza balanceada que, con algunas modificaciones, han sido usadas en los sistemas oscilatorios actuales. John Mcspadden, fue precursor en el desarrollo y fabricación de los instrumentos, los sistemas McXIM y Quantec en 1990. Su colaboración fue esencial para el

entendimiento de los fundamentos físicos de la instrumentación rotatoria, del comportamiento de los instrumentos en la práctica clínica y de las causas y prevención de las fracturas por estrés cíclico y torsional, manteniendo hasta el presente sus actividades de investigaciones y desenvolvimiento de nuevos instrumentos. En 1592, Ben Johnson desarrolló el sistema ProFile[®] y, en el transcurrir de los años fue responsable por el registro de numerosas patentes, actuando todavía como consultor de la industria para el desenvolvimiento de instrumentos endodónticos; finalmente, en 2008, Ghassan Yared, propuso la realización del movimiento oscilatorio asimétrico (reciprocante) y el concepto de preparación con lima única, vinculando los ángulos de oscilación con la reflexión angular del instrumento. Inicialmente, el auxilió en el desarrollo del sistema Recíproc[®] y más recientemente, del Reciproc Blue[®].³⁶

En este análisis histórico, cabe resaltar el papel importante asumido por la industria con el desarrollo de las limas metálicas, usadas en la confección de los instrumentos de preparación mecánica del conducto radicular, iniciando por el acero carbono, pasando por el acero inoxidable y finalmente por el níquel titanio, así con dos métodos innovadores de fabricación.³⁶

En este punto, es importante hacer una reflexión sobre el registro de patentes de estos tipos de materiales. La “propiedad intelectual industrial” y derecho exclusivo que se concede a una invención. Una patente confiere a él, su título y derecho de decidir si la invención puede ser utilizada o investigada por terceros y, si fuera el caso, de que forma eso debe ser hecho. Si por un lado, la patente protege las inversiones realizadas durante la fase de desarrollo, por otro, limita el surgimiento de nuevos instrumentos que no pudieron ser realizados debido a su similitud con patentes previamente señalizadas. Entonces, en cuando algunos de los nuevos instrumentos tuvieron mejorías significativas en su

proceso de fabricación y otros presentan pocas alteraciones frente a la tecnología disponible.³⁶

Este proceso continuo de evolución conceptual y tecnológica en búsqueda de un instrumento ideal, acontece aún todavía hoy, pues, a pesar de la disponibilidad de sistemas diferentes para la preparación mecánica de conductos, ninguno de los de ellos es capaz de cumplir integralmente los objetivos de limpieza e instrumentación, considerándose la variabilidad anatómica del sistema de conductos radiculares.³⁶

5.4.3 Aspectos generales

La caracterización de los instrumentos usados en la preparación del conducto radicular, puede ser hecha a partir de tres elementos: el tipo de metal con el cual fue fabricado, la configuración geométrica de su estructura metálica (diseño) y sus cinemáticas de uso. El equilibrio en la combinación entre estos componentes que caracteriza la efectividad y seguridad en el uso del instrumento.³⁶

El metal utilizado en la fabricación del instrumento corresponde a él su “ADN” y, en el transcurrir de la historia, fueron utilizados el acero carbono, acero inoxidable y el níquel titanio. El diseño se refiere a la caracterización geométrica de la estructura del instrumento representada principalmente por el ángulo helicoidal, punta, sección transversal y conicidad. La cinemática, por su vez, corresponde al movimiento el cual el instrumento es sometido durante su uso (función) y tienen relación directa con el diseño (forma). Para facilitar el entendimiento, es necesario tener la ciencia de los movimientos básicos utilizados por los sistemas mecanizados (rotatorio y oscilatorio) y, enseguida, las diferentes maneras como esos movimientos fueron combinados.³⁶

5.4.4 Limas manuales

A mediados de 1800, Edward Maynard confeccionó la primera lima endodóntica achatadas y torsionadas con piezas de reloj y cuerdas de piano. Posteriormente, el proceso de fabricación, tanto de las limas como de los influenciadores, pasó a ser hecho aparte a partir de torsión de asas metálicas de acero carbono en formato de cono truncado o cuadrado. Actualmente, estos instrumentos son fabricados de esta misma forma, sin embargo, usando aleaciones de acero inoxidable o níquel titanio. Las limas, fueron inicialmente desarrolladas y comercializadas por la Kerr[®] (Kerr Manufacturing CO., Romulus, Michigan, EUA), en 1915, y permanece hasta hoy, como instrumento manual más usado de la historia de la endodoncia. Sin embargo, su desarrollo no permanecerá estático y en el transcurrir de la historia también fueron modificadas de forma significativas.³⁶

La mayoría de los errores de procedimiento y accidentes operatorios causados por el uso de las limas manuales, ocurre en conductos curvos y tiene relación directa con la rigidez de la aleación de acero inoxidable. Cuanto mayor el calibre del instrumento, más rígido se torna su parte activa, dificultando la ampliación de conductos. Buscando suplantar estas limitaciones, los fabricantes implementaron alternaciones en la sección transversal, la punta y la extensión de los instrumentos.³⁶

La modificación de la sección transversal, cuadrangular de las limas tipo K[®] para triangular (lima Flexofile)[®] o rombo (K-file)[®], reduce la masa del instrumento, resultando en una lima más flexible. Esta alteración, trajo también el aumento de la profundidad de las canaletas helicoidales (surcos de las hélices helicoidales), favoreciendo una remoción mayor de la cantidad de residuos resultantes de acción de corte del instrumento.³⁶

En las limas manuales, existen un ángulo de transición en el límite entre la base de la punta del instrumento y la primera arista de corte de lastra helicoidal. Si este ángulo fuera agudo, la acción de corte del instrumento sobre las paredes del conducto curvo, sumándole el movimiento de limado, serán factores de riesgo potenciales para ocurrencia de transporte en el sentido de las paredes externas de la raíz. Y el caso de las puntas piramidales, también denominadas activas, que poseen alta capacidad de corte y que, en conductos curvos, pueden producir escalones y perforaciones.³⁶

En la década de 1960, fueron realizadas numerosas tentativas de mecanizar la preparación del conducto radicular usando instrumentos fabricados con acero inoxidable. A pesar de la eficiencia mecánica de los motores que fueron desarrollados con esta finalidad, los resultados acabaron limitados debido a la rigidez del metal con el cual era fabricado. Esta limitación fue posteriormente superada con el avance de la aleación de níquel titanio.³⁶

Los instrumentos endodónticos desarrollados para preparar mecanizadamente el conducto radicular usando aleación de níquel titanio se caracterizan por presentar grandes variaciones entre sus componentes estructurales cuyos elementos más relevantes serán discutidos al seguir.³⁶

5.4.5 Sección transversal

Los instrumentos rotatorios poseen una gran flexibilidad, tienen una mayor eficacia de corte y se obtiene una sustancial reducción del tiempo de trabajo. Además, la mayoría de estos instrumentos han demostrado mantener la forma original de los conductos, provocando un leve o nulo transporte del foramen apical. La sección transversal en forma de “S” y un diseño que promueve un corte más eficiente. La sección transversal de un instrumento determina, en gran parte, sus propiedades torsionales y flexibles, además de la manera en que

debe ser usada. Algunos de los primeros instrumentos rotatorios presentan tensión transversal triangular, similar a las limas manuales. Es interesante notar que estas características todavía persisten en algunos de los sistemas mecanizados actuales. Otros, como los sistemas Profile[®] y el ProSystem Gt[®], adoptaron la tensión de las fresas Gates Glidden[®], o sea, aristas en “u” con tres superficies radiales de soporte.³⁶

Con el pasar de los tiempos, los fabricantes aumentaron la flexibilidad de los instrumentos por medio de la disminución del núcleo metálico de la parte activa del instrumento, aumentando la profundidad de los surcos helicoidales, utilizando sección transversal como núcleo excéntrico y tratando térmicamente a la aleación de níquel titanio.³⁶

En verdad, la demanda del profesional por instrumentos cada vez más flexibles, resultó en la modificación de sus secciones transversales, que pasaron a presentar diversos diseños. Esto solo fue posible debido a los avances de los recursos tecnológicos de las industrias, dejando en el pasado las técnicas de torsión de los hilos cuadrangulares y triangulares, usados en la confección de las limas manuales.³⁶

Hasta hace poco tiempo, el eje de rotación de todos los sistemas disponibles, se encontraba equidistante de las aristas de corte. Clínicamente, instrumentos con núcleo excéntrico, tienen menos riesgo de perforación, por presentar menos contacto con las paredes del conducto y mayor área de escape para la remoción de detritos generados durante su acción de corte.³⁶

Es importante subrayar, que la sección del instrumento no debe ser analizada solo en relación a su sección recta, perpendicular a lo largo del eje del instrumento, más también perpendicular a sus aristas de corte, que es la forma

real por la cual el instrumento entra en el contacto con las paredes del conducto radicular.³⁶

En las limas manuales, la sección transversal es uniforme en todas las astas helicoidales del instrumento. Sin embargo, en algunos instrumentos de níquel titanio, mejoras en el proceso de fabricación permitieron alterar el formato de la sección a lo largo de su parte activa, buscando mejorar su desempeño clínico, como es el caso del instrumento WaveOne[®] (Dentply Sirona).³⁶

Es interesante observar que el entendimiento de la retención entre el formato de la sección transversal con la función del instrumento ya era conocido por John MacSpadden, en la década de 1990. Sin embargo, debido a las limitaciones tecnológicas, estas alteraciones no fueron incorporadas en un único instrumento. Por ende, en la secuencia de preparación sugerida, había instrumentos presentando secciones transversales como acción de corte o de alisamiento.³⁶

Con relación a puntas de los instrumentos, las empresas desarrollaron y patentizaron diferentes tipos de puntas activas (puntas bas, puntas redondeadas, puntas pilot y puntas boostee) pero para uso exclusivo en instrumentos manuales o mecanizados.³⁶

5.4.6 Conicidad

En los últimos años, alteraciones realizadas en la conicidad de los instrumentos han contribuido significativamente en la efectividad y seguridad de los instrumentos mecánicos. La conicidad, puede ser definida como la relación entre el aumento de diámetro por unidad de compresión de él asta helicoidal. En las limas manuales de acero inoxidable, la conicidad padronizada por la ISO es constante y equivale a 0.02 mm de aumento en el diámetro por milímetros de

comprimiento. Algunos autores expresan estos valores en términos porcentuales. O sea, una conicidad de 0.02 mm correspondería al 2%.³⁶

Los instrumentos manuales representan necesidades menores en el conducto radicular y, consecuentemente, el uso de técnicas convencionales resulta con necesidades mínimas. Para obtener un formato final más, buscando cumplir parte de los objetivos mecánicos propuestos por Schider, se debe utilizar limas manuales y calibres diferentes en posiciones distintas del conducto radicular, como es realizado en las técnicas corono ápice y step-back. Por otro lado, tienen consideración superior a la del conducto original, permitiendo la obtención de preparaciones y graduales, utilizando menos cantidad de instrumentos y facilitando la preparación depurada. Los primeros sistemas de níquel titanio fabricados para la preparación mecánica del conducto, presenta fijas y única (Profile .04), algún tiempo después, fueron incorporando a estos sistemas instrumentos con necesidades variables (Sistemas Profile[®] y Orifice Shaper[®]).³⁶

Aunque, en principio, el avance de instrumentos con mayor conicidad parecía una buena solución, como, por ejemplo, el sistema Great Taper[®] (GT), en algunos instrumentos tenía conicidad 0.2, posteriormente se mostró como un problema con el aumento de fatiga cíclica de los instrumentos y del debilitamiento estructural del diente, debido a mayor remoción de dentina. En general, la conicidad de los instrumentos puede ser clasificadas en constante o variable.³⁶

La comprensión de la conicidad de los instrumentos que relaciona el conducto radicular tiene grande relevancia clínica, ya que a partir de esta relación se determina el tipo de instrumento y la profundidad que va a ser utilizada. Sin embargo, la variedad de las conicidades disponibles sumando la ausencia de normas internacionales de padronización para la fabricación de sistemas

mecanizados, como la establecida para la confección de limas manuales, llevarán a las empresas a crear sus propios elementos de entificación o simplemente no los informan, tornando aún más confuso para el profesional organizar estas informaciones, a fin de escoger uno o más sistemas para uso clínico.³⁶

5.4.8 Cinemática

Para ejecutar el movimiento de la torsión de manera eficiente con instrumentos de los ángulos de rotación en el sentido horario y antihorario, deberán ser diferentes y determinados por su configuración geométrica buscando optimizar la capacidad de corte y resistencia a la torsión. Los tipos de cinemáticas son movimientos de penetración de lateralidad y tracción.³⁶

5.5 ALEACIONES METÁLICAS

El uso de la aleación de níquel titanio para la confección de instrumentos mecanizado del conducto radicular, elevó la práctica endodóntica a un nuevo nivel, revolucionando la invalidez de dos aspectos: (a) fue posible relacionar la configuración geométrica del instrumento con las características anatómicas de los conductos de radicular, como el ángulo y radio de curvatura; (b) las preparaciones quedarán más centralizadas reduciéndose las posibilidades de transporte apical o conicidad irregular, facilitando el proceso de obturación; (c) la ejecución no depende más exclusivamente de habilidad y entrenamiento manual, más si de la capacidad de selección de instrumentos y protocolo de tratamiento adecuado a cada caso.³⁶

La aleación de níquel titanio fue descubierta por William Bueller, en los Estados Unidos, en 1961, siendo denominado Nitinol, por haber sido fabricado en el Naval Ordnance Laboratory. En la odontología, su aplicación inicial fue realizada en la ortodoncia por Andreasen et al. En 1988, Walia et al. relata los

resultados de las primeras pruebas con otros tipos de limas manuales confeccionadas a partir de la ortodoncia. Los autores concluyeron que, debido al porcentaje bajo de las decisiones, la construcción de instrumentos con esta aleación permitiría la preparación de conductos curvos con menos riesgos, presentando dos a tres veces más flexibilidad y resistencia a la fractura cuando, son comparados a instrumentos similares fabricados con acero inoxidable. Más fue apenas que ha mediado de los 90 que instrumentos manuales y rotatorios pasaron a ser comercializados.³⁶

A partir de ahí, diversos trabajos de investigaciones con esta aleación, fueron publicados en todas las áreas de la odontología y se perpetúan hasta el presente, es razón de los tratamientos diferentes que esta aleación de níquel titanio ha sido sometida. En verdad, la aleación de níquel titanio es diferente de otros metales y raso de sus propiedades de super elasticidad, que permite que, después de una deformación significativa retorne a su forma original. Son estas características que permiten a los instrumentos confeccionados con el níquel titanio sean más flexibles y pueden ser utilizados con más eficiencia y seguridad en conductos curvos.³⁶

En los últimos años, empresas están realizando tratamientos adicionales en la aleación de níquel titanio de los instrumentos, buscando mejor su desempeño clínico. Dentro de los procedimientos más utilizados, están el electropulido y el tratamiento térmico. El electropulido es el proceso de la moción electrolítica de componentes de piezas metálicas, en solución, usando una fuente externa de corriente eléctrica. En este proceso, una capa bien fina de material en la superficie es móvil, resultando en la reducción de micropartículas que caracterizan en las superficies metálicas y seguido el electropulido de los instrumentos mecanizado, además de mejorar el pulido de su superficie metálica, la torna también más rígida.³⁶

Los avances tecnológicos del manejo térmico de la aleación de níquel titanio ha permitido el desarrollo de instrumentos con posiciones que alteran, o sea, con etapas intermitentes entre las fases martensítica y austenítica. En estos pasarán comportamientos diferentes, de acuerdo con una temperatura baja específica. Del punto de vista práctico, este instrumento puede ser calculado, presenta más resistencia a la fatiga física, y consecuentemente menor potencial de transporte de conductos curvos. Recientemente, por medio de tratamientos térmicos fue desarrollada la aleación níquel titanio m-wire. Los instrumentos fabricados con esta elección “inteligente” modifican su fase cristalina cuando fueran expuestos a la temperatura corporal, confiriéndole mayor capacidad de corte y preparación con conicidad mayor que la de los propios instrumentos.³⁶

5.5.1 Clasificación

Los instrumentos de preparación de conducto radicular pueden ser clasificados de acuerdo con su cronología de lanzamiento, su conformación geométrica (parte activa, sección, punta, conicidad, ángulo helicoidal, etc.), Su aleación metálica (acero carbono, acero inoxidable, níquel titanio). Su proceso de fabricación (torion, usinaje, electropulido, tratamientos térmicos, etc.) y modo de accionamiento (manual, mecanizado). Sin embargo, una manera más extensa es de agruparlos en generaciones, de acuerdo con la evolución de sus componentes.³⁶

Primera generación. En 1990, Jhon Mcspadden y Ben Jhonson crearon los primeros instrumentos mecanizados para la preparación de conductos radiculares. Sin embargo, fue apenas en 1992 en el congreso de IFEA, en París, que ellos fueron oficialmente reconocidos. Este hecho marcó una nueva era en la preparación de los conductos radiculares en endodoncia.³⁶

Segunda generación. A partir del final de la década de 1990, hubo una preocupación de los fabricantes en crear instrumentos más seguros y eficientes los tratamientos de una superficie metálica (electropulido e implementación de iones) y cambios en los ángulos helicoidales, conicidad y aristas de corte.³⁶

Tercera generación. Por la evolución de la metalurgia, cuando el tratamiento térmico de la aleación de titanio y de los métodos de fabricación para mejorar sus propiedades mecánicas, el tratamiento térmico y uno de los abordajes fundamentales para ajustar la fase de transición cristalina de una aleación metálica y consecuentemente mejorar a su existencia. Esta lesión modificada pasó de Super Elastic o NiTi SE.³⁶

En 2007, nuevos procedimientos termodinámicos comenzaron a ser utilizados para la fabricación de instrumentos endodónticos, y cada empresa desarrolló y patentizó un método diferente. En 2008, SybronEndo lanzó el instrumento de níquel titanio Twisted Hotmail[®], que fue el primero en ser fabricado por torsión, simular el proceso de producción de las limas manuales TIPO K[®]. El proceso térmico que permite la torsión durante la transformación de fase cristalina se denomina fase R, y posteriormente utilizado en el sistema Catres, dando origen a los instrumentos K3XF[®].³⁶

La empresa Dentsply/Sirona desarrolló la aleación especial M-Wire en 2007, a partir de la aplicación de una secuencia de tratamientos térmicos. Esta aleación es usada para fabricar los instrumentos Profile[®] GT Serie X , Profile Vortex[®], Protaper Next[®], WaveOne[®] y Reciproc[®]. La parte activa de los instrumentos Recíproc Blue[®] y Vórtex Blue[®], presenta un tono azul, como resultado del depósito de una cámara superficial de óxido de titanio durante su proceso de fabricación con la aleación Niti SE. En 2010, fue creada una aleación CM-Wire (DS Dental, Johnson City, TN, EUA), a partir de un proceso termomecánico especial. Como resultado, los instrumentos pasaron a ser extremadamente

flexibles, más sin la memoria de forma como en los sistemas anteriores fabricados a partir de la aleación de niti S. Son fabricados con esta variación los instrumentos Hyflex CM[®] y Typhoon[®] CM.³⁶

Cuarta generación. Las mejoras metalúrgicas de la generación anterior, fueron agregadas la alteración de la cinemática, pasando de rotatorio continuo para oscilatorio asimétrico (reciprocante).³⁶

Quinta generación. Nuevos tratamientos metalúrgicos y grandes cambios en la configuración geométrica de la parte activa, fueron incorporados a los instrumentos. Las limas metálicas pasaron a presentar cambios en la fase cristalina y las alteraciones de su morfología depende de la temperatura.³⁶

Finalmente, parece apropiado, que los instrumentos de acuerdo con su función en las diferentes etapas operatoria del tratamiento endodóntico, facilitan al profesional la elección de los instrumentos más adecuado dentro de la amplia gama de instrumentos disponibles.³⁶

Instrumentos de preparación cervical. Son también denominados “ensanchadores cervicales” y utilizados en la remoción de interferencias presentes en los tercios cervicales y medio del conducto radicular, de modo que los instrumentos sucesivos puedan entrar más fácilmente al resto del conducto. Se incluyen en esta clasificación todos los instrumentos manuales y mecanizados de acero inoxidable, también los instrumentos rotatorios y reciprocantes antes de níquel titanio, cuando sean utilizados con este propósito. Como características generales, estos instrumentos son más cortos, más cónicos y presentan puntas de menor calibre. La tendencia actual de realizar preparaciones más conservadoras en la dentina cervical, así como el concepto

de preparación con lima única, han llevado a cuestionar en cuanto a la necesidad de estos instrumentos.³⁶

Instrumentos de exploración inicial. Incluyen instrumentos manuales, capaces de llegar a la longitud de trabajo luego del acceso coronario. Éstos son los instrumentos que escogemos en conductos agresivos y curvos. A pesar de que las empresas ofrecen instrumentos mecanizados de níquel titanio para esta finalidad, la práctica clínica sugiere utilizar instrumentos de acero manuales, de pequeño calibre.³⁶

Instrumentos de Glide Path. Comprenden instrumentos manuales y mecanizados, usados en la ampliación previa del lecho original del conducto radical hasta su longitud de trabajo, con el fin de utilizar el uso posterior de instrumentos más gruesos. El criterio de elegir, envuelve la eficiencia en el corte de la dentina. Es evidente que este objetivo puede ser alcanzado con instrumentos diferentes. Luego, puede ser incluido en este grupo los instrumentos de la exploración inicial del conducto cuando fueron utilizados con esta finalidad. Los instrumentos creados específicamente con este objetivo presentan pequeño calibre y conicidad mínima.³⁶

Instrumentos de preparación del conducto radicular. En este grupo están incluidos todos los instrumentos manuales y mecanizados que actúan en la preparación de conductos radiculares. Con este objetivo, los instrumentos manuales son utilizados con las técnicas específicas de fuerza balanceada, corono-ápice, step-back y movimiento de limado. Los instrumentos mecanizados rotatorios y reciprocantes de níquel titanio, por su vez, alcanzan la longitud de trabajo al mismo tiempo que dan forma a la preparación.³⁶

Instrumentos de acabado y limpieza. Son aquellos concebidos para mejorar las condiciones de limpieza del conducto, después de la preparación mecánica y antes de la obturación. Para alcanzar esta meta, estos instrumentos se adaptan a las paredes internas del conducto radicular, promoviendo la agitación de la solución irrigante y favoreciendo la remoción de detritos.³⁶

Instrumentos de retratamiento. Incluyen aquellos proyectados específicamente para la reintervención endodóntica. En este caso, la situación clínica es diferente, a la medida que el conducto es preparado, se encuentra relleno de material obturador. Así, estos instrumentos, buscan desobturar el conducto y lo preparan nuevamente. En general, son fabricados a partir de los instrumentos de la preparación, que sufren pequeñas modificaciones para atender a esa función. Se caracterizan por tener punta activa, semiactiva, y son utilizados en mayor velocidad, con la finalidad de generar calor por fricción, favoreciendo el avance de los instrumentos en la masa obturadora y, así, la remoción de la gutapercha.³⁶

5.5.2 Futuro

Ciertamente, la evolución de las preparaciones mecánicas de los conductos radiculares va a continuar y corresponde a nosotros imaginar en cual dirección van. Así como la cirugía general, en el campo de la medicina, evolucionó para procedimientos menos invasivos, usando laparoscopia y stent coronario, este también parece ser el camino en la Endodoncia. La tendencia mercadológica de desarrollar instrumentos menos agresivos, de uso único, que promueven menos desgaste dentinario y alteraciones mínimas de la estructura dentinaria. En otros aspectos, se percibe también más énfasis en la capacidad de limpieza en acción, conjunta con la irrigación. Se considera la diversidad de instrumentos desarrollados por las empresas, es aún necesario la padronización de la nomenclatura para permitir organizar y universalizar estos recursos. No es

insensato pensar que en el futuro, continuaremos observando la evolución continua en el desarrollo de nuevos instrumentos y sin duda, los protagonistas de esta historia serán los clínicos, los investigadores, la ingeniería y la política comercial de las industrias.³⁶

5.6 ASPECTOS CIENTÍFICOS DEL MOVIMIENTO RECIPROCANTE

La conformación mecanizada del conducto radicular facilita la limpieza, siendo esta probablemente la fase más importante de todo el tratamiento endodóntico. Este proceso de limpieza incluye: la remoción del tejido pulpar, microorganismos, dentina contaminada y materiales obturadores endodónticos remanentes en retratamientos no quirúrgicos. Conformar el conducto, aumenta la efectividad de las soluciones irrigantes y medicamentos que optimiza el proceso subsecuente de la obturación.³⁶

En las últimas dos décadas, numerosos avances en la instrumentación endodóntica fueron desarrollados con el objetivo de alcanzar el ensanchamiento apropiado del conducto principal, reduciendo el riesgo de errores en el proceso. El así denominado movimiento recíprocante, a pesar de aparentar ser un concepto reciente, ya fue exhaustivamente usado en la endodoncia, en asociaciones con limas de acero inoxidable y en el inicio del proceso de desarrollo de la instrumentación mecanizada. Entonces, es ese el movimiento recíprocante usado en conjunto con instrumentos de níquel-titanio, el cual poseía muchas diferencias de cuándo se usaba con lima de acero inoxidable. De este modo, el accionamiento de los instrumentos de Niti por el movimiento recíprocante y considerado una innovación reciente, capaz de mejorar la resistencia de los instrumentos a la fractura, permitiendo, así, una instrumentación simplificada de los conductos radiculares y disminuyendo la curva de aprendizaje de los sistemas de NiTi.³⁶

5.6.1 Evolución de los movimientos reciprocantes en la endodoncia: perspectiva histórica

5.6.1.1 La era inicial de la instrumentación mecanizada

La instrumentación automatizada del espacio de los conductos radiculares y un objetivo de la endodoncia clínica desde el inicio del segundo siglo XX, cuando pioneros intentaban devolver los primeros instrumentos accionados mecánicamente.³⁶

En 1912, la empresa Kerr poseía en su catálogo fresas rotatorias tipo K, hechas de acero carbono, para ser usadas en piezas de mano, accionadas con el pedal. En 1925, fue introducido en el comercio el primer motor endodóntico, el Endocursor[®] (W& H, Burmoos, Austria), que posibilitó el empleo de las limas tipo K[®], convencionales y escariadores de acero inoxidable y con movimientos de rotación completo (360°), combinado con movimientos verticales. Pero, la rigidez intrínseca de los instrumentos de acero inoxidable, no permitía rotación continua, de modo que el ensanchamiento del conducto hasta la longitud de trabajo casi siempre resultaba con errores de procedimiento. El sistema EndoFlash[®] (Kavo, Biberach, Alemania), por ejemplo, que es basado en el empleo de limas de acero inoxidable, rotación continua, a pesar de un patrón de limpieza satisfactorio del conducto radicular, presentaron resultados insatisfactorios en relación con la preparación mecánica.³⁶

Ese efecto colateral de la combinación entre el movimiento de rotación continua y instrumentos en acero inoxidable, pueden ser fácilmente constatados en el empleo de las fresas Gates-Glidden[®] y Peeso[®], que representan alto potencial de perforación radicular al realizar las preparaciones para los tercios medios y apical del conducto. Además, el uso de los instrumentos de acero inoxidable en movimientos de rotación continua, las porciones curvas del conducto radicular, implica un alto riesgo de deformación y fractura de los instrumentos, por la baja

flexibilidad del instrumento de acero inoxidable. En función a ese riesgo fue propuesto, con éxito relativo, un movimiento recíprocante que presente ángulos iguales en ambas direcciones. Este tipo de movimientos recíprocante simétrico, puede ser definido como el movimiento oscilatorio, referencia al clásico movimiento horario y anti-horario, conocido en inglés como *watch-winding movement*, usado en limas manuales de acero inoxidable.³⁶

De ese modo, en los años 1960, diferentes tipos de piezas de mano se crearon para realizar movimientos recíprocantes en instrumentos de acero inoxidable, como el Giromatic[®] (MicroMega, Besancon, França), recíprocamente a 90°. El primer instrumento creado para el Giromatic[®] remitía a el diseño de un tiranervios, Siendo que posteriormente el mismo fabricante desarrolla otros instrumentos llamados Giro-reamer[®] y Giro-file[®] O Intra-Endo 3 LD[®] (KaVo, Biberach, Alemanha) y o Dynatrak System[®] (Dentsply- DeTrey, Konstanz, Alemanha), fueron piezas de mano similares a las Giromatic[®], sin embargo, estos trabajaban con movimiento horizontal alternado de 80°. Normalmente, esos motores recíprocaban en velocidades mayores que el sistema actual-entre 3000 y 6000 ciclos por minuto, buscando mejor eficiencia. Los resultados generales de esas piezas de mano recíprocas antes de la instalación a la capacidad de preparación de los conductos, fueron semejantes a la instrumentación clásica manual; pero, presentaba mayor incidencia de iatrogenias.³⁶

En el mismo periodo en que fueron lanzados esas piezas de mano recíprocantes, también fueron introducidas en el comercio otras que realizaban movimientos verticales. El Racer[®] (Cardex, Klagenfurt, Áustria), fue introducido en 1958, representan objetos del movimiento vertical de uno a 2 mm. El Canal Finder System[®], introducido por Lexy, producía un movimiento de picoteo vertical entre 0.3 y 1mm, siendo que la amplitud de este movimiento fuera

inversamente proporcional a la resistencia encontrada durante la instrumentación. Este movimiento de avance en dirección al ápice no fue posible, el instrumento entonces iniciaba con movimientos recíprocos de 90°, sustituyendo el movimiento vertical con resistencia moderada, el instrumento presentaba un movimiento de avance combinado con el movimiento recíproco, por eso el torque fue muy exacerbado, el motor interrumpía mucho el movimiento del instrumento. Motores similares con el mismo principio, fueron fabricados en esa época, incluyendo el Excalibur[®] (W&H, Burmoos, Austria), que combinaba movimientos de rotación con oscilatorios pendulares, multilaterales. Como resultado, el Canal-Leader 2000[®] (Set, Olchinh, Alemania), en el cual las oscilaciones verticales y horizontales eran separadas; el Endoplaner[®] (Mikrona, Speitenbach, Suiza) y el Intra-Endo 3-LDSY[®] (Kavo, Leutkirch, Alemania) en el cual las oscilaciones verticales y horizontales eran separadas; el Endoplaner[®] (Mikrona, Speitenbach, Suiza), que representó una evolución del Canal Finder[®], utilizando la misma acción.³⁶

De modo general, los resultados con relación a la capacidad de preparación mecánicas y seguridad fueron frecuentemente inferiores a los de la preparación del conducto radicular realizado con limas manuales convencionales de acero inoxidable, sin embargo, con más frecuencia de errores iatrogénicos. Influyendo fuerte tendencia de desvío del trayecto original del conducto, específicamente después la tentativa del ensanchamiento del conducto radicular. Resultados más interesantes con relación a la preparación mecánica y con menos incidencia de errores del procedimiento fueron encontrados con el motor oscilatorio Giromatic[®] cuando comparado a los anteriores, sin embargo, similares a los relatados en el grupo control, preparado con instrumentación manual convencional. Ya el Canal Finder[®], es considerado un recurso útil en la remoción de materiales obturadores. En general, la reducción en la amplitud del movimiento para menor oscilación, más con menor frecuencia, era una maniobra

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE[®] Y WAVEONE GOLD[®]

capaz de controlar mejor la incidencia de errores iatrogénicos y daños mecánicos. Sin embargo, la preparación con el sistema Canal Finder[®], aún representa más problemas que el uso de instrumentos manuales de acero inoxidable.³⁶

En el 2009, fue introducido en el mercado, un nuevo instrumento, el Self-Adjusting File[®] (SAF) (ReDentNova Ltd., Israel), que permite un movimiento vertical de 0.4 milímetros de amplitud con frecuencia de 3000 a 5000 movimientos de amplitud vertical/minutos bajo irrigación continua. Este instrumento presenta un formato innovador con “diseño de redes” sin núcleo metálico y un entrelazado con superficie ligeramente áspera, que le confiere un diseño próximo a el de un stent cardiaco, prometiendo mejor capacidad de adaptación a las paredes del conducto radicular, justificando el origen de su nombre: Self- Adjusting File[®] (instrumento auto ajustable).³⁶

Disponible actualmente en el mercado, el sistema M4 Safety Handpiece[®] (SybronEndo/ Kerr; Orange, CA, EUA) y un contra-ángulo que realiza movimiento recíprocante simétrico con limas manuales convencionales. Inicialmente, sugerido para realizar toda la preparación radicular usando el instrumento Safety Hedstroem[®], el sistema M4[®] demostró capacidad superior de preparación mecánica a la técnica manual, tradicional a step-back. Otros sistemas disponibles, como el Endo-Gripper[®] (moyco/Union Broach; Montgomeryville, PA, EUA) y el NSKTRP-E10R[®] (Nakanishi Inc., Tokyo, Japon), son piezas de mano similares, que realiza movimiento recíprocante simétrico en ángulos de 45° y 90° respectivamente.³⁶

Sistemas adicionales con cinemática variables fueron introducidos en el mercado con el objetivo de optimizar la preparación mecánica; como el sistema EndoEze AET[®] (Ultradent Products INC, South Jordan, UT, EUA), teniendo

como objetivo obtener hibridación entre NiTi y acero inoxidable en el mismo sistema, dependiendo de la velocidad del motor, la frecuencia de la oscilación se torna variable. Originalmente, una velocidad de 6000 a 12.000 RPM, resulta en 3000 a 6000 oscilaciones por minuto. Por tanto, vale la pena subrayar el error del motor con relación al ángulo recíprocante, aumenta de acuerdo con la velocidad usada.³⁶

El sistema Endo-Eze[®], creado por Riitano, pudo ser considerado una actualización directa del contraángulo sónico micro mega 1500 Sonic Air[®], que usaba instrumentos tira nervios tipo Rispi. En verdad, es que parece ser la primera técnica corono-ápice, acondicionada al motor lanzado en el mercado. Desde el punto de vista histórico, esa es una observación importante, considerándose que la primera vez que se mencionó una por la corona-ápice fue descrita por Talbot, aun en el 1880, y que la técnica corono-ápice mecánica y la base de las técnicas modernas de la preparación mecánica. Sin embargo, resultados controversiales fueron encontrados al usar el sistema EndoEze[®]. La calidad de la preparación en conductos ovalados fue mejor, comparado con instrumentos rotatorios de Niti, mejorando la calidad de la exploración. Sin embargo, existe alto riesgo de error iatrogénico como escalón y perforaciones cuando son usados en conductos curvos. El motor Endo-Express[®] y sus SafeSiders, también presentan resultados controversiales. La técnica fue considerada rápida, segura y efectiva en términos de preparación y en la remoción de residuos remanentes. Sin embargo, otros estudios también reportan errores de procedimiento de dureza y tendencia a enderezar el conducto, presentando resultados peores cuando comparados a sistemas Niti.³⁶

5.6.1.2 El uso actual de limas de acero inoxidable motores recíprocantes

A pesar de que el uso mecánico de las limas de acero inoxidable accionadas al motor recíprocante parece ser bastante común, aún existe carencias de

evidencias científicas en cuanto a la eficacia y seguridad. De este modo, la tendencia es limitar el uso a la fase de exploración inicial, minimizando los efectos adversos del uso de instrumentos de acero inoxidable en tamaños amplios y, por tanto, más rígidos. Siguiendo la línea de razonamiento del uso en la fase inicial de exploración del conducto, recientemente instrumentos especiales de acero inoxidable, como las Pathfinders[®] (SybronEndo, Glendora, CA, EUA), fueron introducidos en diámetro (0.0 seis y 0.0 9 mm de diámetros de punto) con conicidad mínima de (0.0 2 mm) y en dos metales distintos: acero carbono, y acero inoxidable, proyectados especialmente para la fase inicial de la exploración del conducto, esos instrumentos trabajan en conjunto con contra-ángulos de movimiento recíprocante simétrico de 30° (MA). La dureza de la aleación de acero carbono aumenta el movimiento axial de los instrumentos, sin embargo, mantienen su flexibilidad alta. Un estudio reciente, demuestra más resistencia mecánica de instrumentos más delgados de acero inoxidable y acero carbono cuando son utilizados en movimientos recíprocantes, siendo aún mejor que la registrada por algunos instrumentos Niti, teniendo más resistencia a la fatiga cíclica, debido a la super elasticidad, y movimiento recíprocante que amplifica aún más la capacidad de resistir a la fatiga cíclica.³⁶

Las observaciones preliminares sobre los instrumentos de acero inoxidable y acero al carbono para la exploración de los conductos parecen prometedoras, pero no hay estudios que evalúen su rendimiento en conductos calcificados, curvos y más complejos. Recientemente, se ha informado de una nueva técnica que utiliza instrumentos de acero inoxidable recíprocantes asimétricos, pero en ángulos muy pequeños. Debido al pequeño ángulo de corte y desbloqueo, el autor informa que es posible lograr resultados predecibles en la negociación y creación de trayectoria de patencia en conductos complejos, en los que el uso de instrumentos rotatorios o recíprocantes NiTi estaría contraindicado, eliminando el riesgo de fractura y permitiendo una preparación completa de los

conductos, de una manera más predecible y segura. Esta técnica sigue el concepto límite de resistencia de los instrumentos descritos en 2004. El límite de resistencia de los instrumentos representa la tensión o tensión máxima a la que se puede burbujear antes de cortar. Para cada tipo de instrumento, hay un valor apropiado para un ángulo de desviación considerado óptimo. Las rotaciones en sentido horario y antihorario son de 6° y 1°, respectivamente, y la velocidad de rotación está entre 25 y 50 rpm. Gracias a esta técnica, la punta del instrumento se puede doblar previamente para permitir que el instrumento realice el escaneo e incluso el posible desbordamiento de algún impedimento mecánico dentro del conducto. Además, el autor informa que esta técnica se puede utilizar con instrumentos NiTi reciprocantes, así como con instrumentos más pequeños como un instrumento Mtwo[®] con punta de 10/04 (Dentsply VDW, Munich, Alemania).³⁶

5.6.1.3 Instrumentos NiTi Reciprocantes de Mayor Conicidad

El concepto de límite de resistencia ya descrito, representa la base científica del movimiento reciprocante automatizado actual. Los estudios han demostrado el potencial del uso de instrumentos NiTi cónicos, continuos para la preparación mecánica, incluso, en situaciones de mayor complejidad anatómica. Sin embargo, la fractura de los instrumentos NiTi sigue siendo una preocupación constante para los clínicos y las indicaciones sugieren que esto puede ser una consecuencia directa de la cinemática de rotación continua.³⁶

Cada vez que un instrumento corta la dentina, en un conducto más estrecho, se desarrolla una deformación de torsión en su eje. Si la deformación está dentro del límite elástico del metal, no hay cambio estructural crítico. Sin embargo, si el instrumento continúa cortando y, por lo tanto, apretando en el conducto, la deformación axial cíclica se intensifica, debido a la fatiga torsional desarrollada en un conducto curvo. Limitar el ángulo de rotación en la dirección de corte

dentro del límite de resistencia del instrumento, condujo al desarrollo de un movimiento (u oscilador asimétrico). Después de un cierto número de ciclos recíprocos asimétricos, el instrumento completa una rotación completa.³⁶

En 2008, Ghassan Yared programó un motor ATR Teknica*[®] (ATR, Pistoia, Italia) para realizar este movimiento asimétrico con el instrumento Protaper F2*[®] (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza). Los ángulos utilizados se han descrito como cuatro décimas de un movimiento ofensivo, cortante en círculo (144°) en sentido horario, y dos décimas de un movimiento circular sin relieve en sentido horario (72°). A 400 rpm, la técnica mostró resultados prometedores en dos estudios in vitro. La velocidad empleada en el movimiento recíproco asimétrico es mucho más baja que la velocidad utilizada en el oscilador simétrico. En consecuencia, el efecto de rotación dado por la diferencia entre los movimientos en sentido horario y antihorario es capaz de mantener una eficiencia de corte adecuada y una progresión apical del instrumento, mientras que, concomitantemente, reduce la tensión torsional en el instrumento. Se puede entender que este tipo de movimiento recíproco tiene una lógica similar al movimiento forjado, equilibrado, descrito por Roane, en el que la dinámica permite que el instrumento permanezca centrado en el conducto mientras la fuerza de corte es igual en la parte convexa y cóncava de la curvatura.³⁶

Los esfuerzos de torsión desarrollados en la cuchilla del instrumento durante la acción de corte se reducen a medida que la velocidad cae por debajo del límite máximo de fatiga especificado para este instrumento. La eficacia de este nuevo movimiento recíproco asimétrico, ha permitido desarrollar sistemas recíprocos de un solo instrumento, en los que se requiere un solo instrumento para completar una preparación mecánica completa con dimensiones mínimas aceptables. La exploración inicial del conducto con limas manuales de acero inoxidable, de pequeño tamaño (0.08, 0.10 mm de diámetro de punta), le permite

al clínico determinar y emplear directamente el instrumento recíprocante compatible con las dimensiones anatómicas del conducto directamente en el conducto. Este enfoque técnico no es adecuado para la instrumentación de rotación continua, debido al conocido fenómeno de bloqueo cónico, que puede conducir a la fractura inmediata del instrumento en rotación continua.³⁶

Sistemas WaveOne® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) y Reciproc® (Dentsply VDW, Munich, Alemania), son ejemplos de instrumentos especialmente desarrollados y diseñados para su uso, con movimiento recíprocante asimétrico. Estos instrumentos se utilizan en diferentes ángulos en las direcciones de corte y no corte, siempre con una diferencia de 120 ° entre movimientos; como resultado, se produce un ciclo completo de revolución de 360 ° después de 3 ciclos completos de contenedor, produciendo el llamado "efecto de rotación", que es uno de los pilares responsables del rendimiento general óptimo de los sistemas recíprocantes asimétricos. Reciproc® emplea 150° / 30° con una velocidad promedio de 300 rpm, mientras que WaveOne® usa 170° / 50° con una velocidad promedio de 350 rpm, ya que estos parámetros están dentro del límite de resistencia de cada instrumento.³⁶

Se ha estudiado brevemente, el impacto de cambiar los ángulos recíprocantes asimétricos, así como el retraso en el cambio de ambas direcciones de movimiento y la aceleración para alcanzar la velocidad deseada, ya que estos factores tienen el potencial de alterar significativamente la efectividad general de los instrumentos, sin embargo, aún se necesitan más estudios para proporcionarnos conclusiones más plausibles y sólidas.³⁶

Por razones comerciales, los giros de los instrumentos recíprocantes de los sistemas WaveOne® y Reciproc®, son en sentido antihorario, lo que es contrario a la dirección convencional, generando así una dependencia emparejada entre

el motor y los instrumentos. Los sistemas WaveOne[®] y Reciproc[®] se anuncian comercialmente como técnicas de un solo instrumento. Un conducto preparado mecánicamente con un solo instrumento recíprocante tiene una forma final que tradicionalmente, solo se podía obtener después del uso de tres o más instrumentos rotatorios NiTi. Posteriormente, un instrumento diseñado para preparar toda la extensión del conducto radicular, solo está sujeto a una alta carga de estrés mecánico. En el caso de los sistemas rotatorios convencionales, esta tensión se distribuye a todos los instrumentos utilizados en la secuencia. Por esta razón, los fabricantes sugieren que los instrumentos recíprocantes deben utilizarse en un solo uso para reducir el riesgo de fractura.³⁶

Recientemente, se han lanzado nuevos sistemas en el comercio con modificaciones en el diseño y las aleaciones, con el objetivo de mejorar las propiedades mecánicas de los instrumentos, buscando así aumentar la calidad de la preparación del conducto radicular. Los instrumentos TF Adaptive[®] y el motor Elements[®] (SybronEndo), se lanzaron en 2014. El fabricante afirma que el motor Elements[®] cambia su cinemática de un movimiento giratorio continuo (600° en sentido horario y 0° en sentido antihorario) a cinemática recíprocante parcial (370° en la dirección de corte y 50° en la dirección de no corte). Este cambio está determinado por el par al que se somete el instrumento a medida que avanza en la dirección apical. El fabricante no informa la velocidad de movimiento medida y este tipo de movimiento puede clasificarse como un movimiento híbrido recíprocante.³⁶

Recientemente, J. Morita (Japón), introdujo el módulo OTR Root ZX II[®], que consiste en un contraángulo de baja velocidad, en el cual el torque se mide automáticamente durante la rotación del instrumento. El fabricante informa que si el par es inferior al valor establecido previamente, la rotación del instrumento continuará, pero si el par alcanza el valor establecido, revertirá la rotación en 90° y luego continuará en la dirección de corte. Este tipo de movimiento también se

puede definir como reciprocante híbrido. Teóricamente, el sistema funciona con un movimiento rotatorio continuo como la base principal de la preparación mecánica, pero, cuando es necesario, el movimiento reciprocante se activa en reversa de acuerdo con el torque. Si se aplica demasiada fuerza, el motor continuará interpretando que el límite de torque está por encima del valor de seguridad establecido y luego continuará el movimiento reciprocante.³⁶

Más recientemente, otros motores han llegado al comercio con la funcionalidad de ajustar ángulos reciprocantes, así como la velocidad y el par de movimiento. Teóricamente, cualquier instrumento de doble cuchilla en el mercado puede usar motores reciprocantes asimétricos, pero aún no hay suficiente información sobre su rendimiento, efectividad y seguridad.³⁶

5.7 PROPIEDADES Y EFECTIVIDAD DE LOS INSTRUMENTOS RECIPROCANTES EN LA PREPARACIÓN DEL CONDUCTO RADICULAR

A la misma velocidad de creciente popularidad del movimiento reciprocante asimétrico, recientemente se han llevado a cabo varios estudios para evaluar diferentes aspectos relacionados con la técnica, como las propiedades mecánicas de los instrumentos, la calidad general de la preparación, la capacidad de mantenimiento de la anatomía original, tratamiento de conducto, tiempo de preparación, eficiencia de limpieza, formación / inducción de microfracturas dentales, reducción de microorganismos, extrusión y acumulación de detritos, así como la capacidad de limpiar el conducto con la eliminación de los materiales obturadores. La siguiente es una descripción resumida de la literatura publicada sobre estos temas.³⁶

5.7.1 Propiedades Mecánicas de Instrumentos Reciprocantes

La tasa de fractura de los instrumentos y su deformación mecánica son considerablemente bajas cuando se respeta su límite de resistencia específico.

Las tasas de fractura de los instrumentos de movimiento recíprocante son considerablemente más bajas que las reportadas para los sistemas rotatorios. Un estudio clínico, reciente, reportó una tasa de fractura de solo 0.13% para el sistema WaveOne[®], con evaporación apical del conducto radicular. En otro estudio clínico, la tasa de deformación plástica de Reciproc[®] fue solo del 0.15%, mientras que la tasa de fractura fue del 0.21%.³⁶

Otra evidencia confirma la idea de que el riesgo de fractura de los instrumentos rotatorios es significativamente mayor en comparación con el movimiento recíprocante. Además, la experiencia clínica del operador, aparentemente, no tiene relación con la tasa de deformación plástica del instrumento, así como con el tiempo de uso de los instrumentos con o sin la creación de la trayectoria de patencia.³⁶

5.7.2 Fatiga Cíclica y Resistencia a la Flexión

El movimiento recíprocante asimétrico se desarrolló con el claro objetivo de controlar la incidencia de fracturas, que es un problema clásico e histórico de los instrumentos de NiTi, accionados por motor. Los instrumentos en movimiento recíprocante recorren una distancia circunferencial más pequeña que cuando se mueven en rotación continua, lo que resulta en menos tensión sufrida por el instrumento. La consecuencia directa de esta cinemática es un aumento significativo en la resistencia a la fatiga de los instrumentos móviles recíprocantes en comparación con la rotación continua y, por lo tanto, la extensión de la vida útil de los instrumentos.³⁶

Al comparar la resistencia a la fatiga cíclica entre los instrumentos recíprocantes en el mercado, las diferencias no son tan evidentes, pero los instrumentos Reciproc[®] se asociaron con un aumento significativo en comparación con WaveOne[®]. La vida de Reciproc[®] fue 62% más larga que WaveOne[®], a 5 mm

de la punta y 100% a 13 mm. La resistencia a la fatiga cíclica de Reciproc[®] también fue mayor que otros sistemas de instrumentos individuales probados, incluido OneShape[®]. En cualquier caso, es importante tener en cuenta que los instrumentos reciprocantes disponibles en el mercado hoy en día, tienen más resistencia a la fatiga cíclica que los sistemas con secuencias de instrumentos de rotación.³⁶

El tipo y la amplitud del movimiento reciprocante también tienen una influencia significativa en la fatiga cíclica de los instrumentos NiTi. En comparación con el movimiento reciprocante simétrico (oscilando con el ángulo en sentido horario = ángulo en sentido antihorario) y asimétrico (ángulo de corte mayor que el ángulo de alivio), la rotación continua muestra que ambos aumentan la vida útil del instrumento, pero el movimiento simétrico promueve el aumento, está en el rango de 50 a 355%, mientras que el asimétrico promueve un aumento de hasta 990% en la vida útil en comparación con la rotación continua. Al igual que en el movimiento reciprocante asimétrico, las áreas de tensión más críticas se mueven progresivamente a nuevas ubicaciones durante el aumento angular periódico, en lugar de ser estacionarias, las áreas de fatiga efectivas se distribuyen en diferentes puntos de circunferencia, reduciendo el efecto del daño. Basado en estas observaciones, el incremento pre-progresivo debería ser preferiblemente pequeño para ser efectivo, ya que, de hecho, el aumento progresivo en el ángulo de movimiento reciprocante para cada ciclo de ataque y aclaramiento reduce la resistencia a la fatiga cíclica.³⁶

La resistencia a la fatiga cíclica puede correlacionarse fácilmente con la flexibilidad del instrumento, ya que cuanto mayor es la flexibilidad, mayor es la resistencia a la fatiga en los conductos curvos. WaveOne[®], por ejemplo, tiene menos flexibilidad en comparación con Reciproc[®], que se espera debido a las diferencias en el diseño de la sección transversal de los dos instrumentos, y la

mayor cantidad de masa metálica en el instrumento WaveOne[®]. Sin embargo, WaveOne[®] tiene una mayor flexibilidad en comparación con OneShape[®]. La resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos recíprocos no parece estar influenciada por la inmersión de hipoclorito de sodio (NaOCl), mientras que la inmersión con EDTA reduce la resistencia en un estudio pero no en otro.³⁶

5.7.3 Resistencia a la Torsión

El aumento de la resistencia a la torsión es otra ventaja directa del movimiento recíproco asimétrico, ya que el ángulo de corte debe obedecer el límite de deformación torsional del instrumento, evitando su enganche en la dentina, lo que invariablemente aumenta la fatiga torsional. En un estudio reciente, se observó que el ángulo de rotación del punto de inicio de la deformación torsional era mayor que el ángulo de funcionamiento de los motores para los instrumentos Reciproc[®] y WaveOne[®]. Por lo tanto, las dos marcas más populares de instrumentos recíprocos son seguras cuando se operan en el ángulo de rotación de los motores de los respectivos fabricantes. En términos de la carga torsional máxima, tanto Reciproc[®] como WaveOne[®] demostraron una mayor resistencia a la torsión que ProTaper[®], mientras que WaveOne[®] tenía más resistencia a la torsión que Reciproc[®] y OneShape[®].³⁶

En un análisis de la resistencia a la torsión, WaveOne[®], basada en elementos finitos (FEA) y pruebas de torsión in vitro, donde se observaron instrumentos virtuales simulados con geometría y carga, idénticos a las aleaciones convencionales de M-Wire o NiTi, se observó que en este momento a partir de la fractura, los instrumentos no aprovecharon al máximo la resistencia mejorada del material M-Wire en fractura, que determina solo una mejora limitada en la resistencia a la torsión.³⁶

5.7.4 Eficiencia de Corte

La eficiencia de eliminación de la dentina depende de una serie de factores inherentes al instrumento, como la cantidad de bobinas, el diseño de la sección transversal, la capacidad de transportar fragmentos de conducto, el ángulo de corte, el diseño de la punta, las propiedades metalúrgicas, la superficie de tratamiento de los instrumentos e incluso, el número de esterilizaciones. Existen pocos estudios que investiguen la eficiencia de corte de los nuevos instrumentos reciprocantes. Sin embargo, ya se ha planteado la hipótesis de que el movimiento reciprocante per se, podría disminuir la capacidad de corte de los instrumentos. Esta hipótesis no se ha confirmado para los instrumentos Reciproc[®] y TF Adaptive[®] cuando se usan en los motores de sus fabricantes, tanto reciprocantes como de rotación continua, lo que demuestra que el movimiento reciprocante no reduce la eficiencia de corte de estos instrumentos. La eficiencia de corte, tampoco se redujo con el uso prolongado. Comparativamente, los instrumentos Reciproc[®] y TF Adaptive[®] demostraron más eficiencia de corte que WaveOne[®], lo que puede explicarse fácilmente por el ángulo de corte observado en la sección transversal de estos instrumentos.³⁶

5.7.5 Análisis de Superficie

Después del uso, cualquier cambio superficial en el instrumento puede indicar el nivel de fatiga que puede soportar o incluso, el riesgo inminente de fractura. Los instrumentos Waveone[®] y Reciproc[®] exhiben cambios limitados y similares en los cambios de superficie, como la deformación de la punta o el desgaste después de la preparación de uno, dos o tres conductos. No se encontraron microdefectos, ni abrasiones en la punta hasta que los instrumentos se reutilizaron en cinco conductos. Sin embargo, algunos instrumentos que se usaron en hasta diez conductos demostraron un ligero desgaste de la punta (opacidad apical) y microefectos en la superficie. Para la preparación de los molares extraídos, fue posible realizar hasta seis conductos con TF Adaptive[®] y

hasta diez conductos con Reciproc[®] antes de que aparecieran defectos en la superficie. El análisis SEM reveló que el 60% de los instrumentos ProTaper[®] utilizados en movimiento recíprocante demostraron el inicio de la microfractura superficial, mientras que estos solo se encontraron en un instrumento WaveOne[®].³⁶

5.8 CARACTERÍSTICAS DE PREPARACIÓN DE CONDUCTO

5.8.1 Preparación

Los primeros instrumentos recíprocantes de acero inoxidable no tenían la tecnología adecuada para la preparación de conductos radiculares curvos y los resultados de preparación no fueron lo suficientemente fuertes como para respaldar su uso como reemplazo de los instrumentos rotatorios NiTi. Por otro lado, utilizando instrumentos recíprocantes NiTi contemporáneos, es posible obtener una preparación adecuada de los conductos radiculares preservando la anatomía original. Básicamente, este es el resultado de la combinación de los siguientes factores: la cinemática de movimiento recíprocante, la sección transversal y la aleación tratada térmicamente. De hecho, varios estudios ya han demostrado la excelente capacidad de centralización de los instrumentos recíprocantes actuales.³⁶

Después de la introducción de NiTi recíprocante en el mercado, varios estudios compararon estos sistemas con diferentes tipos de instrumentos rotatorios NiTi. Los primeros estudios ya indicaron la posible aplicación de movimiento recíprocante, utilizando instrumentos existentes diseñados para su uso en movimiento rotatorio continuo, como FlexMaster[®], ProTaper[®], así como Mtwo[®], Profile[®] y RaCe[®]. Estos estudios revelaron que el mismo instrumento utilizado en el movimiento recíprocante, mantuvo una relación de centralización similar a la lograda por la técnica de movimiento rotatorio e incluso demostró que el

movimiento recíprocante preparó el conducto de manera más uniforme y central. Se obtuvieron resultados similares en conductos simulados "S", que se habían informado a partir de una secuencia de instrumentos que podían ofrecer la ventaja de que la longitud de trabajo gradual y más centralizada progresaba de instrumentos más pequeños a conicidad más grandes, sin aplicación de fuerza apical. Otros estudios han demostrado que, en comparación con ProTaper[®], WaveOne[®] tiene más capacidad de centrado con menos modificación de la curvatura original del conducto radicular.³⁶

En general, los instrumentos individuales recíprocantes tienen una capacidad de preparación similar y preservan la anatomía original en comparación con otros sistemas rotatorios NiTi, e incluso en comparación con los sistemas SAF[®]. Sin embargo, se ha observado que TF Adaptive[®] resultó en un transporte del conducto radicular menos pronunciado que WaveOne[®]. Otros investigadores compararon la capacidad de la preparación de Reciproc[®] y BioRaCe[®] para conductos ovalados y largos, y los resultados mostraron que ningún sistema podía tocar todas las paredes de dentina de los conductos. BioRaCe[®] dejó menos áreas sin tocar en los tercios coronales, mientras que R40[®] dejó menos áreas sin tocar en el tercio apical.³⁶

Estos estudios, comparan la disponibilidad de WaveOne[®] y Reciproc[®] con TF Adaptive[®]. Dos de ellos mostraron que TF Adaptive[®] generó menos transporte y mejor capacidad de centrado en comparación con WaveOne[®] y Reciproc[®]. El movimiento adaptativo combinado con la flexibilidad de la TF[®] puede haber sido la razón para obtener estos resultados de TF Adaptive[®]. Otro estudio, mostró que tanto Reciproc[®] como TF Adaptive[®] mantuvieron la curvatura original de los conductos radicales de los dientes severamente curvados y en forma de S y no causaron perforación, ni transporte apical. En un estudio más reciente, se concluyó que los instrumentos Reciproc[®] exhibían una mejor capacidad de

centrado de conductos que los WaveOne[®] y ProTaper Next[®] y ProTaper Universal[®].³⁶

También se ha comparado la capacidad de preparar instrumentos individuales en movimiento rotatorio recíprocante y continuo (OneShape[®]). WaveOne[®] pudo mantener la anatomía del conducto original, con menos modificación de la curvatura de manera más efectiva que OneShape[®]. Sin embargo, lo mismo no parece aplicarse a los conductos "S", donde OneShape[®] mantuvo la anatomía de manera más eficiente que WaveOne[®] y Reciproc[®].³⁶

Curiosamente, el hecho de realizar un mayor número de movimientos de picoteo después de alcanzar la longitud de trabajo con un solo sistema de instrumentos (WaveOne[®] y Reciproc[®]) clínicamente, puede resultar en un mayor diámetro de preparación apical; es más grande que el propio instrumento, obteniendo así un mejor refinamiento apical.³⁶

5.8.2 Pre-ampliación o Trayectoria de Patencia

Se ha sugerido que los instrumentos WaveOne[®] se usen después de la formación de un camino de ensanchamiento o deslizamiento del conducto; algunos estudios confirman que el uso de limas de tipo K[®], de menor diámetro, seguidos por un instrumento NiTi giratorio, menos afilado para la formación de la trayectoria de deslizamiento, ayuda a mantener la anatomía del conducto original de manera más efectiva, minimizando los errores de procedimiento y requiere menos movimientos de picotazo para alcanzar la longitud de trabajo.³⁶

Por otro lado, para los instrumentos Reciproc[®], se han reportado observaciones favorables sin la realización de una trayectoria de patencia previa, pudiendo alcanzar eficientemente la longitud de trabajo en un porcentaje superior al 90% de los casos, tanto en conductos rectos como curvos, tanto in vitro como in vivo.

Esta eficiencia para alcanzar la longitud de trabajo, también se observó en conductos más complejos, como el conducto MV2 en los molares superiores, obteniendo resultados superiores a los de las limas manuales tipo K[®] de acero inoxidable. Es importante tener en cuenta que el uso de Reciproc[®] R25 en estas condiciones de trayectoria de patencia es seguido previamente, por las recomendaciones del fabricante, y es seguro, con pocos instrumentos fracturados en una gran cantidad de casos clínicos. Comparando Reciproc[®] y WaveOne[®], se puede ver que el mayor volumen de masa y el número de vueltas de WaveOne[®] aumentan la dureza de la punta, lo que puede provocar cambios en la forma y longitud originales del conducto radicular.³⁶

5.8.3 Tiempo de Preparación

Con respecto al tiempo para finalizar el modelado de conductos, varias publicaciones concluyen que la preparación con Reciproc[®] fue significativamente más rápida que con WaveOne[®] y equivalente o más lenta que OneShape[®]. Solo un estudio informó que WaveOne[®] fue significativamente más rápido que Reciproc[®]. En general, varios estudios han informado que el uso de instrumentos recíprocos ha reducido el tiempo de preparación en comparación con los sistemas rotatorios convencionales. Solo dos estudios no revelaron diferencias significativas y sugirieron que las cinemáticas no influyeron en el tiempo de preparación. Además, un estudio informó que había una relación lineal, inversa entre la disminución del rango de movimiento recíproco (ángulos en sentido horario / antihorario) del WaveOne[®] y el tiempo requerido para alcanzar la longitud de trabajo.³⁶

5.8.4 Eficacia de Limpieza

Se investigó la efectividad de la limpieza del conducto radicular mediante instrumentos recíprocos en términos de eliminación de endotoxinas y bacterias cultivadas del conducto radicular, así como el análisis de la cantidad de

desechos residuales y capa de frotis en las paredes del conducto, que también denota la calidad del conducto radicular, desbridamiento después de la preparación endodóntica.³⁶

En general, se observa comúnmente que ningún sistema es capaz de desinfectar completamente en endodoncia, principalmente debido a las complejidades del sistema de conducto radicular, pero es posible confirmar la capacidad de todos los sistemas para promover una reducción significativa de bacterias y endotoxinas. De hecho, es la combinación de la acción mecánica de los instrumentos de endodoncia sobre la dentina y la irrigación abundante, lo que resulta en una eliminación más efectiva de la endotoxina, no el número de instrumentos utilizados por ellos mismos. Además, cuando el instrumento ProTaper F2[®] se usó en movimiento recíprocante, no hubo diferencias significativas con respecto a la extracción del tejido pulpar en los últimos 3 mm, cuando se usó en movimiento rotatorio recíprocante o continuo en conductos circulares, solo en conductos ovalados.³⁶

Se descubrió que tanto WaveOne[®] como Reciproc[®] eran eficaces para erradicar *Entocerooccus faecalis* del conducto radicular, con una reducción significativa de las bacterias también obtenidas en conductos ovalados y raíces mesiales en molares inferiores. Este sistema recíprocante, fue capaz de eliminar efectivamente, todas las bacterias y sus endotoxinas de los conductos radiculares. WaveOne[®] mostró una capacidad de limpieza similar a la obtenida por un sistema vibratorio (SAF) y un instrumento rotatorio (K3), excepto por los istmos, resultando la limpieza más deficiente con WaveOne[®].³⁶

La acumulación de detritos en extensiones de conductos ovalados y su extinción apical se han estudiado ampliamente, ya que se ha especulado que el movimiento recíprocante y el uso de un solo instrumento podrían facilitar la

ocurrencia de estos eventos. Aunque un estudio con Micro-CT, informó que el uso de WaveOne[®] condujo una mayor acumulación de detritos que cuando se usó ProTaper[®], especialmente en istmos e irregularidades en molares inferiores, otros experimentos han mostrado volúmenes de detritos impactados similares con instrumentos reciprocantes (WaveOne[®], Reciproc[®]) o rotatorio (BioRace[®], Mtwo[®]), y resultados similares en términos de eliminación de la capa de frotis. Otro estudio, evaluó la cantidad de detritos y la capa de frotis restante después de la preparación del conducto con dos instrumentos reciprocantes (Reciproc[®] y WaveOne[®]) y dos sistemas rotatorios (Mtwo[®] o ProTaper[®]) con diseños similares. En este estudio, Mtwo[®] y Reciproc[®] condujeron a una mejor eliminación de residuos en el tercio apical que WaveOne[®] y ProTaper[®]. Estos resultados sugieren que el diseño de los instrumentos es más decisivo en la generación de detritos, que el número de instrumentos y sus cinemáticas.³⁶

Si bien algunos estudios informan que hay más descargas asociadas con el uso de instrumentos reciprocantes (Reciproc[®] y WaveOne[®]) en comparación con los instrumentos rotatorios (ProTaper[®] y Mtwo[®]), otros estudios no han informado diferencias significativas entre los reciprocantes y los instrumentos continuos o incluso, menos rotatorios en la extrusión de residuos utilizando reciprocantes en comparación con otros sistemas. Se informó un resultado favorable para ProTaper F2[®] utilizado en movimiento recíprocante en términos de extrusión de detritos y para WaveOne[®], que fueron significativamente mejores que ProTaper Universal[®]. Otros descubrieron que los instrumentos WaveOne[®] y Reciproc[®] podían minimizar la extrusión bacteriana y exhibir menos extrusión de detritos en comparación con los sistemas de instrumentos rotatorios múltiples, que parece no verse afectado por el sistema de irrigación o el diámetro de preparación final. Con respecto a la extrusión de detritos durante el retratamiento, también hay controversias en la literatura, ya que los instrumentos reciprocantes se han asociado con menos extrusión de detritos en

comparación con los instrumentos rotatorios continuos, pero también una extrusión más significativa en otro estudio.³⁶

Finalmente, un ensayo clínico aleatorizado demostró que los sistemas de rotación y reciprocantes continuos eran equivalentes con respecto al dolor postoperatorio y la ingesta de drogas en los intervalos evaluados. Otro ensayo clínico, aleatorio, reciente, indicó que la aparición de dolor postoperatorio fue baja y similar entre los sistemas rotatorios reciprocantes y continuos en los intervalos evaluados. Estos resultados son diferentes de los encontrados en estudios de investigación básica que afirman que las técnicas reciprocantes tienden a extruir más detritos y a promover más postoperatorios.³⁶

5.8.5 Generación de Microgrietas en Dentina

Varios factores durante el tratamiento endodóntico pueden inducir la formación de microgrietas y fracturas que pueden llevar al fracaso del tratamiento y la pérdida del diente. Este tema ha atraído recientemente, la atención porque se ha demostrado que los sistemas reciprocantes de un solo instrumento pueden conducir a un aumento en la formación de microgrietas durante la preparación del conducto. Después de una revisión completa de la literatura y las diferentes metodologías utilizadas en el estudio del fenómeno de microgrietas, se puede observar que casi todos los trabajos donde hubo una asociación positiva entre los procedimientos de preparación intraconducto y la aparición de microgrietas, utilizaron metodologías que emplean la destrucción de las muestras. La sección transversal del diente se incluye para la visualización del microscopio. Mediante el uso de metodologías destructivas, se ha demostrado que pueden producirse microgrietas, independientemente del tipo de instrumento utilizado y sus cinemáticas, y que los instrumentos reciprocante generalmente, parecen a conducir una cantidad menor o igual de microgrietas que los sistemas rotatorios continuos. De hecho, algunas publicaciones han demostrado que WaveOne[®]

está asociado con menos microgrietas de dentina que ProTaper Universal[®], y otros estudios han informado que Reciproc[®] causó menos defectos que ProTaper[®] y One Shape[®].³⁶

Aunque los estudios con un enfoque destructivo de la muestra, resaltan claramente la incidencia de defectos de dentina después de la preparación del conducto o los procedimientos de retratamiento, se han realizado estudios más recientes que imitan mejor las condiciones in vitro en las mandíbulas cadavéricas y no informaron la relación entre la preparación del conducto y la incidencia de microfracturas. Del mismo modo, los estudios que emplean la metodología de análisis 3D, basada en microtomografía computarizada en la que la muestra preservada sirvió como su propio análisis longitudinal de control, no han podido identificar la aparición de defectos de dentina después de la preparación del conducto con diferentes sistemas.³⁶

5.8.6 Retiro de Materiales Obturadores

La eliminación adecuada de los materiales de obturación endodóntica en conductos mal preparados requiere mucho esfuerzo y puede ser un paso técnico muy desafiante y tomar mucho tiempo clínico.³⁶

Varios estudios han evaluado el uso de instrumentos reciprocantes para la eliminación de gutapercha de las paredes del conducto. Algunos estudios no informaron diferencias en la calidad de la extracción del material obturador entre los instrumentos rotatorios reciprocantes y continuos, dos estudios informaron una mejor extracción y un estudio mostró menos gutapercha residual para los instrumentos rotatorios. Algunos estudios indican que el movimiento reciprocante puede no reducir el tiempo requerido para la extracción del material obturador en comparación con los sistemas de tratamiento convencionales, mientras que otros han informado un menor tiempo de operación con el uso de instrumentos

reciprocantes. El tiempo necesario para eliminar los materiales de obturación también se comparó entre WaveOne[®] y Reciproc[®] sin diferencias significativas. Tampoco hubo diferencias con respecto al porcentaje de material obturador eliminado, en comparación con Reciproc[®] y TRUShape[®]; sin embargo, Reciproc[®] fue más rápido que TRUShape[®].³⁶

En todos estos estudios, ningún sistema es capaz de eliminar de manera efectiva y completa el material obturador del espacio del conducto. Se pueden producir errores de procedimiento durante el retratamiento con instrumentos manuales y mecanizados, pero se ha informado menos iatrogenias (perforaciones laterales y fracturas de instrumentos) con Reciproc[®] en comparación con los instrumentos ProTaper[®] para retratamiento.³⁶

5.8.7 Consideraciones Finales

El movimiento recíprocante se define como la oscilación repetitiva de los movimientos en sentido horario y antihorario; este movimiento oscilatorio se puede aplicar con varios instrumentos de endodoncia, y esta cinemática se ha utilizado ampliamente en endodoncia durante muchos años. Existen numerosas variaciones de movimientos recíprocantes, que incluyen: movimiento recíprocante simétrico (oscilación simétrica), movimiento recíprocante asimétrico (efecto de rotación) y movimiento recíprocante híbrido (movimientos combinados). El ángulo recíprocante cambia en función de la resistencia mecánica y el par que recibe el instrumento en el conducto radicular. El movimiento recíprocante se usó ampliamente en diferentes etapas de preparación con instrumentos de acero inoxidable; en la endodoncia moderna, parece posible utilizar este movimiento asociado con las limas de acero inoxidable como una herramienta para la fase de preparación del conducto o para establecer la trayectoria de patencia.³⁶

La evolución de este movimiento y su aplicación con instrumentos NiTi más afilados parece jugar un papel prometedor en la instrumentación de la literatura:

- El movimiento reciprocante, amplía la vida útil de los diferentes instrumentos de endodoncia probados.
- La amplitud de los ángulos reciprocantes tienen una influencia significativa en la fatiga cíclica de los instrumentos NiTi.
- El movimiento reciprocante, no reduce la eficiencia de corte de los instrumentos.
- Reciproc[®] y TF Adaptive[®] están asociados con una mayor resistencia a la fatiga cíclica que WaveOne[®].
- Reciproc[®] tiene más flexibilidad y eficiencia de corte que WaveOne[®].
- WaveOne[®] tiene más resistencia a la torsión que Reciproc[®].
- Los instrumentos reciprocantes tienen una preparación adecuada y pueden mantener la forma original del conducto, sin embargo, no pueden desenredar completamente el sistema del conducto radicular.
- La eficiencia de limpieza de los instrumentos reciprocantes es comparable a las secuencias completas del sistema rotatorio.
- Los sistemas de instrumentos individuales reciprocantes, reducen el tiempo de configuración en comparación con las secuencias completas del sistema rotatorio.
- Las microgrietas de dentina ocurren independientemente del tipo de instrumento y cinemáticas, los instrumentos reciprocantes pueden parecer que causan una cantidad menor o equivalente de defectos dentales en comparación con las secuencias completas del sistema rotatorio. En los estudios que utilizan microtomografía computarizada no se observaron microgrietas inducidas por diferentes sistemas mecanizados de preparación de conductos.

- Los instrumentos reciprocantes pueden promover una reducción bacteriana significativa, comparable a las secuencias completas del sistema rotatorio, pero ninguna técnica puede contaminar completamente el conducto.
- La extrusión apical de detritos sigue siendo controvertida. Algunos estudios informaron más extrusión asociada con el uso de instrumentos reciprocantes, mientras que otros estudios no informaron diferencias significativas o incluso menos extrusión de detritos en comparación con los sistemas rotatorios de múltiples instrumentos.
- Los reciprocantes son efectivos para eliminar el material de obturación en menos tiempo en comparación con los instrumentos rotatorios continuos; sin embargo, ningún sistema puede eliminar completamente el material obturador de los conductos radiculares.³⁶

5.9 SISTEMA WAVEONE

Así como el sistema Reciproc[®], el WaveOne[®] también es un sistema de instrumentos reciprocantes fabricados a partir del uso de aleaciones de NiTi con tratamiento térmico patentado, conocido como aleación NiTi de M-Wire. Los instrumentos del sistema WaveOne[®], se encuentran disponibles en tres tamaños: *Small* con una punta #21 y conicidad de 0.06 mm, *Primary* con una punta #25 y conicidad de 0.08 mm y *Large* con una punta #40 y conicidad de 0.08 mm. La conicidad de este instrumento es constante los 3 primeros milímetros, luego de esta medida, la conicidad es regresiva, garantizando así una preparación más conservadora en los tercios cervical y medio.³⁶

Los instrumentos WaveOne[®], tienen una sección transversal similar a la de los instrumentos ProTaper Universal[®]: Triangular convexa, modificada en la punta y triangular convexa en los tercios medios y coronal de la lámina, las astas laterales de corte se orientan para efectuar el corte en sentido antihorario. Las

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE[®] Y WAVEONE GOLD[®]

puntas de los instrumentos son inactivas. La cinética del sistema WaveOne[®] (XSmart Plus), trabaja inicialmente con un movimiento de corte en sentido antihorario de 170 grados, seguido de un movimiento en sentido horario de 50 grados, relajando el instrumento (WaveOne ALL[®]). Este mantiene una diferencia por cada ciclo de vaivén, una diferencia de 120 grados, lo que corresponde al avance real de corte. Con esta diferencia de 120 grados del movimiento recíprocante del sistema WaveOne[®], ocurre la rotación completa de 360 grados, después de 3 ciclos, produciendo cuando es accionado a alta velocidad, el fenómeno que se conoce como "efecto rotatorio."³⁶

5.9.1. Diseño del instrumento

Sistema Wave One® (Dentsply Maillefer, Suiza)

Aleación	NiTi M-Wire
Sección transversal	En la punta, triangular con paredes cóncavas. En los tercios medio y coronal del instrumento, triangular con paredes convexas.
Instrumentos (punta / conicidad)	Small (21 / 0.06) Primary (25 / 0.08) Large (40 / 0.08)
Longitudes disponibles	21, 25 y 31mm
Accionamiento/actuación	Ángulo de rotación de 170 grados en sentido antihorario y 50 grados en el sentido horario.
Observaciones	Según el fabricante, los instrumentos sólo se deben utilizar una vez. ³⁶

5.9.2 Método de uso: de acuerdo con las instrucciones del fabricante

- Establecer un acceso coronario y radicular rectilíneo.
- En la presencia de un quelante viscoso, utilizar una lima manual de tamaño # 10 para comprobar o crear una vía de permeabilidad (glide path) en cuanto a la longitud:
 - Si encuentra resistencia con un instrumento manual de tamaño # 10 para llegar al CT, se indica el uso del instrumento WaveOne Small®.
 - Si un instrumento manual de tamaño # 10 llega a la longitud de trabajo con determinada facilidad, se utiliza el instrumento WaveOne Primary®.

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS
UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE® Y WAVEONE GOLD®

- Si un instrumento manual de tamaño # 20 o de mayor diámetro llega con facilidad a la longitud de trabajo, se utiliza el instrumento WaveOne Large®.
- Utilizar el instrumento WaveOne® apropiado para el conducto, en movimiento de picoteo, con amplitud no superior a 3 mm, hasta aproximadamente dos tercios de la longitud del conducto.
- Promover irrigación abundante después de cada instrumentación en el conducto radicular.
- Confirmar la longitud de trabajo con un localizador apical, electrónico y radiografía.
- Utilizar el instrumento WaveOne® apropiado hasta la longitud de trabajo.
- Comprobar el diámetro del foramen con un instrumento manual con el mismo tamaño de la punta del instrumento WaveOne® utilizado. Si el diámetro del foramen es mayor que el instrumento WaveOne® utilizado, considerar el uso de un instrumento WaveOne® de punta más grande.
- La mayoría de los casos se completará con el instrumento WaveOne Primary®.³⁶



Figura 10: Instrumentos del sistema WaveOne³⁶

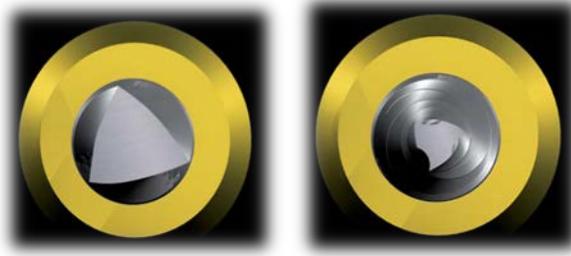


Figura 11: Corte transversal del instrumento WaveOne[®] y sus dos secciones transversales a diferentes niveles.³⁶

5.10 SISTEMA WAVEONE GOLD[®]

El tratamiento térmico de aleación de NiTi se ha utilizado con éxito para mejorar las propiedades mecánicas de los instrumentos endodónticos. Este procesamiento termomecánico, optimiza el comportamiento microestructural y la transformación de las aleaciones de NiTi, influyendo directamente en las propiedades mecánicas de los instrumentos de NiTi. El sistema WaveOne Gold[®] (Dentsply Maillefer[®], Ballaigues, Suiza) es una evolución del sistema WaveOne[®], con fuertes beneficios adicionales: está construido con una aleación de NiTi tratada con repetidos ciclos de calentamiento y enfriamiento. Según el fabricante, este tratamiento promueve una mayor resistencia y flexibilidad de los instrumentos, permitiendo el uso de instrumentos en una gama más amplia de morfologías con desafíos anatómicos. Además, estos instrumentos presentan una sección transversal en forma de paralelogramo con uno o dos bordes cortantes, que varían según la ubicación a lo largo del instrumento, minimizando así el efecto de "atornillado" y reduciendo el torque del instrumento con las paredes del instrumento en el conducto radicular.³⁶

Los instrumentos del sistema WaveOne Gold[®] están disponibles en cuatro tamaños: pequeño (punta 20 y conicidad 0.07 mm), primary (punta 25 y conicidad 0.07 mm), mediano (punta 35 y conicidad 0.06 mm) y grande (punta 45 y conicidad 0.05 mm). El estrechamiento de estos instrumentos es constante

solo en los primeros tres milímetros, después de lo cual el estrechamiento es regresivo, lo que garantiza una preparación más conservadora en los tercios cervical y medio. Las barras de corte laterales están orientadas para efectuar el corte en sentido antihorario. La punta de los instrumentos está inactiva. Las cinemáticas configuradas en el software del sistema WaveOne[®] (XSmart Plus) funcionan inicialmente con un movimiento de corte en sentido antihorario de 170°, seguido de un movimiento en sentido horario de 50°, relajando el instrumento (WaveOne[®] ALL). Por lo tanto, tenemos que cada ciclo el instrumento alcanza un avance efectivo de 120°, requiriendo 3 ciclos para completar una rotación completa de 360°. ³⁶

5.10.2 Diseño del Sistema WaveOne Gold[®] (Dentsply Maillefer, Suiza)

Aleación	NiTi con tratamiento térmico adecuado (patentado)
Sección transversal	Forma de paralelogramo con uno o dos filos de corte.
Instrumentos (punta / conicidad)	Small (20 / 0.07) Primary (25 / 0.07) Mediana (35/0.06) Large (45/ 0.05)
Longitudes disponibles	21, 25 y 31mm
Accionamiento/actuación	Programa WaveOne [®] ALL. Ángulo de rotación de 170° en sentido antihorario y 50° en sentido horario.
Observaciones	Según el fabricante, los instrumentos deben usarse solo una vez. ³⁶

5.10.3 Método de uso: de acuerdo con las instrucciones del fabricante

- Establece un acceso a la raíz coronaria y rectilínea.
- En presencia de un quelante viscoso, use un instrumento portátil de tamaño n.º 10 para verificar o crear una trayectoria de patencia para la longitud.
- Lleve esta trayectoria de deslizamiento a al menos 0.15 mm utilizando un instrumento portátil o un instrumento mecanizado de trayectoria de deslizamiento como PATHFILE[®] o PROGLIDER[®].
- Siempre inicie el procedimiento de conformación intraconducto con el instrumento PRIMARY (rojo 025/07) en presencia de hipoclorito de sodio.
- Aplique una ligera presión en la dirección apical y deje que el instrumento PRIMARY pase pasivamente por cualquier área del conducto que tenga una trayectoria de deslizamiento confirmada. Después de dar forma a 2-3 mm de cualquier conducto, retire y limpie el Instrumento PRIMARY, riegue, permeabilice con un instrumento portátil n.º 10 y vuelva a regar.
- Continúe con el instrumento PRIMARY, pasajes de 2-3 mm, para pre-amplificar los dos tercios del conducto.
- Use un pincel cuando retire el instrumento del conducto para eliminar la interferencia coronaria o para mejorar los resultados de conformación en conductos que tienen secciones transversales irregulares.
- En conductos más atrésicos, utilice un instrumento manual n.º 10 en presencia de un quelante viscoso, hasta que llegue al final del conducto. Trabaje con cuidado con este instrumento hasta que esté completamente libre de longitud.
- Determine la longitud de trabajo, confirme la permeabilidad y verifique la trayectoria de patencia.
- Amplíe esta trayectoria de deslizamiento a al menos 0.15 mm utilizando un instrumento de mano o un instrumento mecanizado de trayectoria de deslizamiento. Tome el instrumento PRIMARY toda la longitud de trabajo

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE® Y WAVEONE GOLD®

en una o más pasadas. Al alcanzar la longitud de trabajo, retire el instrumento para evitar un agrandamiento excesivo del ápice. Inspeccionar los giros apicales; Si hay residuos de dentina, la conformación se completa. Nota: Si la lima PRIMARY es de longitud libre, sin residuos de dentina en las estrías apicales, continúe cumpliendo con el instrumento MEDIANA (35/06 verde) y / o el instrumento LARGE (045/05 blanco) hasta que aparezcan las estrías apicales. Residuos de dentina.

- Si el instrumento PRIMARY no progresa en el conducto, use el instrumento SMALL (020/07 amarillo) para una o más pasadas a la longitud de trabajo, y luego use el instrumento PRIMARY a la longitud de trabajo para optimizar la conformación.
- Cuando se confirma la conformación intraconducto, ejecutamos protocolos de desinfección.³⁶



Figura 12: Instrumentos del Sistema WaveOne Gold³⁶

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS
UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE® Y WAVEONE GOLD®

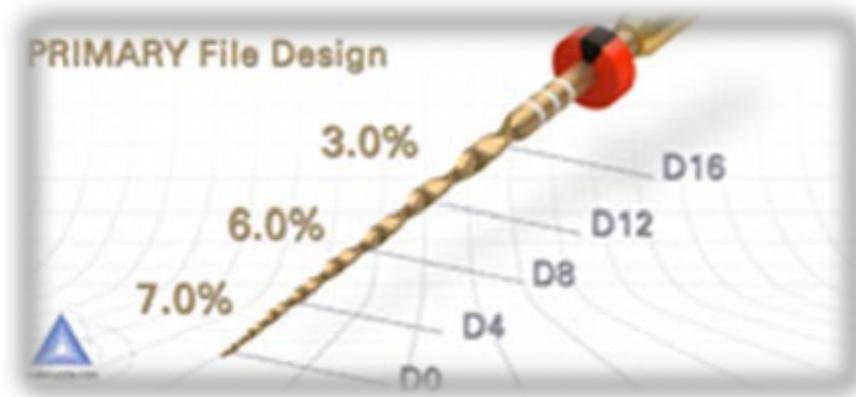


Figura 13: Conicidad variable de una lima WaveOne Gold®³⁶



Figura 14: Sección transversal de una lima WaveOne Gold³⁶

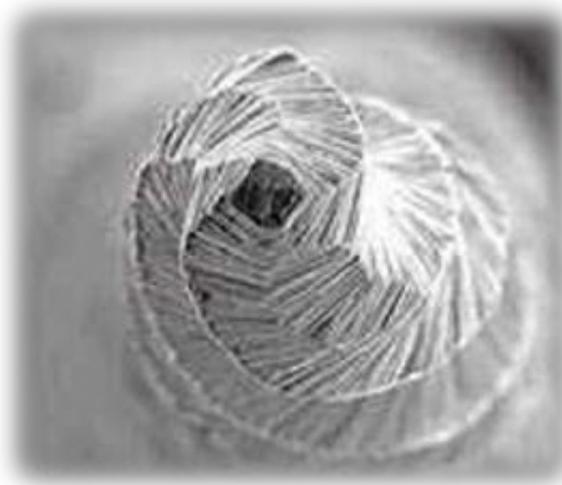


Figura 15: Punta de una lima WaveOne Gold³⁶

5.11 TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CONE-BEAM (CBCT)

La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) es un método relativamente nuevo para visualizar un diente o dentición individual en relación con los tejidos esqueléticos circundantes y para crear imágenes tridimensionales del área a examinar. El uso de CBCT en endodoncia está aumentando rápidamente en todo el mundo. En comparación con los métodos radiográficos tradicionales, que reproducen la anatomía tridimensional como una imagen bidimensional, CBCT es un método de imagen tridimensional que ofrece la posibilidad de ver un diente o dientes individuales en cualquier vista, en lugar de vistas predeterminadas. Por lo tanto, CBCT puede ser una herramienta poderosa en el diagnóstico endodóntico, la planificación del tratamiento y el seguimiento. Al mismo tiempo, la CBCT tiene limitaciones, y la dosis de radiación para los pacientes siempre debe tenerse en cuenta al seleccionar los modos de diagnóstico.³⁷

5.11.1 Valoración de la anatomía del conducto radicular

Existen variaciones anatómicas con cada tipo de diente. La naturaleza bidimensional de las radiografías significa que no revelan constantemente el número real de conductos presentes en los dientes.³⁸ Esto puede conducir a la incapacidad de identificar todas las raíces presentes, lo que puede dar lugar a una desinfección incompleta del sistema del conducto radicular, lo que en última instancia puede conducir a un resultado del tratamiento de conducto radicular deficiente.³⁹

Matherne et al.⁴⁰ realizaron una investigación ex vivo para comparar el dispositivo y los sistemas de radiografía digital de placas de fósforo fotoestimulables con CBCT para detectar el número de conductos radiculares en 72 incisivos mandibulares extraídos, primeros premolares inferiores y primeros molares superiores. Descubrieron que con las radiografías digitales, independientemente del sistema utilizado, los endodoncistas a pesar de tomar

radiografías de paralelaje, no lograron identificar al menos un conducto radicular en el 40% de los dientes en comparación con CBCT.

Una serie de estudios taiwaneses por Tu et al.⁴¹ evaluaron la prevalencia de las raíces distolinguales en los primeros molares mandibulares, evaluados con radiografías convencionales y CBCT; descubrieron que la prevalencia de conductos disto-linguales era del 21% y del 33%, respectivamente, con radiografías y CBCT, respectivamente. Abella et al.⁴² sugirieron que la CBCT era útil para manejar los molares mandibulares con conductos disto-linguales.

Los dientes extraídos del primer y segundo molar, se evaluaron para determinar la prevalencia de los segundos conductos mesiovestibulares (MB2). Después del escaneo, los dientes se seccionaron axialmente y se determinó el verdadero número de conductos presentes. Hubo una correlación del 80% entre los hallazgos de CBCT y los resultados del seccionamiento dental. El acuerdo intra-examinador con CBCT fue del 90%, lo que indica un excelente nivel de fiabilidad.⁴³

Neelakantan et al.⁴⁴ analizaron 95 dientes con CBCT de pequeño volumen, CT, CT cuantitativa periférica, radiografía digital mejorada simple y medio de contraste. La prevalencia de conductos de cada uno de estos sistemas de imágenes se comparó con el estándar de referencia de tinción y limpieza de los dientes. Se descubrió que la CBCT era tan precisa como el estándar de referencia, y la precisión de la CT era del mismo orden de magnitud. Curiosamente, la TC no fue tan precisa como la CBCT. Al igual que con estudios anteriores, el acuerdo entre examinadores e intraexaminadores fue significativamente mayor con CBCT (y los otros sistemas de imágenes en 3D) en comparación con las radiografías de paralelaje.

Filho et al.⁴⁵ concluyeron que el uso de un microscopio quirúrgico dental y CBCT condujo a una mayor probabilidad de localizar conductos. También se pueden detectar las curvaturas del conducto en el área lingual, que de otro modo solo se pueden estimar mediante la negociación del sistema de conducto radicular. Estrela et al.⁴⁶ utilizaron CBCT para determinar el radio de curvatura de los conductos radiculares, y concluyeron que CBCT es una herramienta confiable para evaluar con seguridad y precisión la gravedad del radio de curvatura de los conductos radiculares. Esta información es importante para minimizar las aberraciones en los conductos radiculares curvos y / o la fractura del instrumento.

Además de ser útil para evaluar la anatomía del conducto radicular de los dientes con 'anatomía típica', la CBCT es particularmente útil para evaluar los dientes con una anatomía compleja conocida, como dens invaginatus y dientes fusionados. El conocimiento previo del número de conductos radiculares y su ubicación, no solo da como resultado una identificación predecible de todas las entradas del conducto radicular, sino que también tiene la ventaja de minimizar el tamaño de la cavidad de acceso.⁴⁷

Lógicamente, la detección mejorada de los conductos radiculares debería significar que se acceda, desinfecte y llene más el conducto radicular complejo, lo que a su vez debería mejorar el resultado del tratamiento del conducto radicular. Sin embargo, debe recordarse que debido a la baja resolución de la CBCT, es posible que la anatomía esclerosada y / o accesoria no se identifique fácilmente.³⁷

5.11.2 Evaluación del resultado del tratamiento del conducto radicular

El resultado radiográfico del tratamiento del conducto radicular es mayor cuando se tratan los dientes antes de detectar signos radiográficos convencionales

obvios de enfermedad periapical. Por lo tanto, la identificación más temprana de los cambios radiolúcidos, periapicales con CBCT puede resultar en un diagnóstico más temprano y un manejo más efectivo de la enfermedad periapical.⁴⁸

La tomografía computarizada con haz de cono debería dar como resultado una determinación más objetiva y precisa del pronóstico del tratamiento del conducto radicular, de acuerdo con los estudios llevados a cabo por Liang et al.⁴⁹ en el 2011 y Patel et al.⁵⁰ en el 2011 también.

Patel et al.⁵¹ compararon el resultado del tratamiento primario del conducto radicular realizado en 132 dientes, usando radiografía periapical y CBCT, un año después del tratamiento. La tasa de curación (ausencia de radiolucidez en la revisión) de los dientes tratados fue del 87% y 62.5% cuando se evaluó mediante radiografías periapicales y CBCT, respectivamente. La tasa de recuperación (una reducción en el tamaño o la ausencia de la radiolucidez apical asociada) fue del 95.1% y 84.7% cuando se evaluó utilizando medios convencionales y CBCT, respectivamente. Estos hallazgos fueron significativamente diferentes. Las tasas de fracaso para los dientes sin radiolucencias, preoperatorias fueron más altas cuando el resultado se evaluó mediante CBCT en comparación con la radiografía periapical al año.

Liang et al.⁴⁹ compararon la calidad del tratamiento de conducto radicular con radiografías periapicales y CBCT. En el 41% de los casos, hubo una diferencia en la calidad de las obturaciones radiculares, con CBCT, revelando más obturaciones radiculares de mala calidad que las radiografías periapicales.

En una investigación adicional, Liang et al.⁵² compararon el resultado del tratamiento de conducto radicular con y sin activación ultrasónica, y no

encontraron diferencias en el resultado con la activación ultrasónica. Este es el primer estudio prospectivo que evalúa específicamente un factor intraoperatorio sobre el resultado del tratamiento del conducto radicular con radiografías periapicales y CBCT.

Fernández et al.⁵³ utilizaron radiografías convencionales, sistema de sensor digital y CBCT para evaluar el resultado de tratamiento de conducto radicular, realizado en dientes con pulpas vitales, cinco años antes. De los 17 factores pronósticos evaluados, cuatro factores parecieron tener un impacto negativo en el resultado del tratamiento cuando se evaluaron con CBCT. Estos fueron la curvatura del conducto radicular, la desinfección de la gutapercha, los conductos radiculares no identificados y la calidad de la restauración coronal. Sin embargo, estos resultados deben interpretarse con precaución, ya que no se tomaron escáneres CBCT previos al tratamiento.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Este es un estudio cuasi-experimental, en este caso se analizaron mediante tomografía de cone-beam, la transportación que pudo suceder en los conductos mesiales utilizando las limas WaveOne[®] y WaveOne Gold[®]. La investigación cuasi-experimental es aquella en la que existe una ‘exposición’, una ‘respuesta’ y una hipótesis para contrastar, pero no hay aleatorización de los sujetos a los grupos de tratamiento y control, o bien no existe grupo control propiamente dicho.⁵⁴

6.2 TIPO DE ESTUDIO

El tipo de estudio es comparativo, descriptivo y exploratorio, ya que se registran los hechos como se observaron. Son estudios observacionales, en los cuales no se intervino o manipuló el factor de estudio, se observó lo que ocurrió con el fenómeno en estudio en condiciones naturales. Es de tipo transversal, pues se analizó en un periodo de tiempo corto.

Según Niño⁵⁵ el propósito de los estudios descriptivos es “describir la realidad del objeto de estudio, un aspecto de ella, sus partes, sus clases, sus categorías o las relaciones que se pueden establecer entre varios objetos, con el fin de esclarecer una verdad, corroborar un enunciado o comprobar una hipótesis. Se entiende como el acto de representar por medio de palabras, las características de fenómenos, hechos, situaciones, cosas, personas y demás seres vivos, de tal manera que quien lea o interprete, los evoque en la mente” (p. 34).

Según Palella y Martins⁵⁶, exploratorio: “es el inicio de cualquier proceso científico. Se realiza especialmente cuando el tema elegido ha sido poco examinado, es decir cuando no hay suficientes estudios previos y es difícil formular hipótesis. Se aplica cuando el tópico ha sido tratado escasamente,

cuando no existe suficiente información o cuando no se dispone de medios para lograr mayor profundidad. En general, el nivel exploratorio permite focalizar el tópico de interés, formular el problema y/o delimitar futuros temas de investigación” (p. 92).

6.3 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación utilizado es inductivo, análisis y síntesis, pues se partió de lo general a lo específico.

- a) Inductivo: porque a partir de la aplicación de los resultados, se forma una descripción de la situación.
- b) Análisis y síntesis: porque los resultados arrojados son debidamente analizados y sintetizados para ser representados en tablas y gráficas estadísticas.

6.4 VARIABLES

- Variables dependientes: Transportación radicular que pueda suceder en los tercios cervical, medio y apical.
- Variables independientes: son los sistemas de preparación WaveOne[®] y WaveOne Gold[®] (causa del fenómeno estudiado).

6.5 POBLACIÓN Y MUESTRA

- Población: raíces mesiales de molares mandibulares de humanos con raíces curvas entre 25 y 35 grados.
- Muestra: se utilizaron 40 raíces mesiales de molares mandibulares de humanos que cumplieran con los criterios de inclusión, exclusión y eliminación.

6.6 CRITERIOS

- **Criterios de inclusión**

1. Raíces mesiales de molares mandibulares de humanos con curvaturas entre 25 y 35 grados, según técnica de Schneider.
2. Raíces mesiales de molares mandibulares permeables.
3. Raíces mesiales de molares mandibulares con desarrollo radicular completo.

- **Criterios de exclusión**

1. Raíces mesiales de molares mandibulares con curvatura menor de 25 grados.
2. Raíces mesiales de molares mandibulares con conductos obturados.
3. Raíces mesiales de molares mandibulares con aditamentos intraradiculares.
4. Raíces mesiales de molares mandibulares con presencia de fisuras.
5. Conducto en el que no sea posible realizar patencia.
6. Conductos mesiales que se unan en tercio apical

- **Criterios de eliminación**

1. Conducto con presencia de instrumento fracturado.

6.9 FUENTES

Se utilizaron fuentes primarias, que fueron los resultados obtenidos en el estudio realizado y se publican por primera vez, siendo producto de una investigación o de una actividad inminentemente creativa: como artículos, libros y fuentes secundarias, como el manual que será utilizado para llevar a cabo el uso de las limas WaveOne® y WaveOne Gold®.

6.9.1 Tratamiento de la información

Estos datos fueron analizados estadísticamente, representados en cuadros, siendo interpretados de acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio. Se utilizó un análisis estadístico descriptivo, utilizando la media aritmética y desviación estándar; fue utilizada también la prueba T de Student para las variables dependientes e independientes. Los datos clínicos fueron registrados en una ficha recolectora de datos, en las cuales se analizaron y se representaron esquemáticamente en gráficos y tablas.

6.9.2 Procedimientos y técnicas de la investigación

En este estudio se utilizaron 40 raíces mesiales de molares inferiores de humanos, las cuales debieran respetar los criterios de inclusión y exclusión. Se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 0.5% y se almacenaron en suero fisiológico, para mantenerlos hidratados. Se tomaron radiografías periapicales para medir el grado de curvatura de cada raíz según la técnica de Schneider y se seleccionaron las raíces que presentaban curvaturas entre 25° y 35°. ⁵⁷

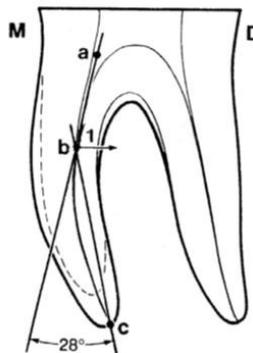


Figura 16: Evaluación del ángulo de Curvatura según Schneider⁵⁷

Para calcular la curvatura de la raíz se trazó una línea tangente desde el inicio del conducto (a) hasta el punto de máxima curvatura (b) y posteriormente otra línea que pasara el ápice (c) hasta el punto de máxima curvatura. Se midió el ángulo que formaban estas dos líneas. ⁵⁷

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE[®] Y WAVEONE GOLD[®]

Se realizaron las cavidades de acceso con una fresa redonda #4 (Dentsply-Maillefer[®], Ballaigues Switzerland). Para obtener ejemplares más uniformes se seccionaron las coronas. Las longitudes de trabajo se determinaron con una lima K #10 (Dentsply-Maillefer[®], Ballaigues Switzerland), se visualizó justo en el foramen apical y se le restó 1mm. Las preparaciones de las raíces mesiales fueron realizadas según las indicaciones del fabricante de los instrumentos WaveOne[®] y WaveOne Gold[®].

Se realizó una tomografía computarizada de cone beam, previo a la preparación de las raíces mesiales, se realizaron tres cortes longitudinales (cervical, medio y apical), para medir la pared externa e interna y de esta manera lograr medir el grado de transportación radicular que pudiese suceder tras la preparación con los diferentes sistemas. Para la toma de la tomografía computarizada, las raíces mesiales fueron colocadas en Silicona.

En cuanto a la obtención de las imágenes, estas fueron tomadas utilizando el equipo de Promax 3D MID (Planmeca, OY Asentajankatu 6, 00880, Helsinki, FINLANDIA). Valores de exposición en 8 mA, 120 Kv, con un sensor flat panel de 25 cm × 20 cm, 30 cm x 30 cm, cuyo campo de visión de 16 cm x 16 cm, incluyen las áreas de interés con dimensiones de 801 × 801 × 801 pixeles y una resolución de 0.2 mm × 0.2 mm × 0.2 mm. Tiempo de exposición 12.05 segundos.

Las imágenes DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) obtenidas, se procesaron con el software Romexis v. 5 (Planmeca, Helsinki, FINLANDIA) mediante reconstrucción multiplanar en vistas axiales, coronales y sagitales, cortes transaxiales y tangenciales, en una computadora MAC Intel Core i5, visualizadas en un monitor IMAC con retroiluminación LED de 27 pulgadas, pantalla panorámica, con una resolución de 2560 x 1440 pixeles en un

ambiente con luz tenue. El contraste y brillo de las imágenes fueron ajustados usando la herramienta procesadora de imágenes en el software para asegurar una visualización óptima.

Para la recolección de los datos se utilizó la ventana de explorador del programa Romexis v. 5. Se realizaron las mediciones en mm en el plano axial.

En la ventana explorador, el renglón anotación, se seleccionó la herramienta de región de crecimiento libre para proceder a las obtenciones de los volúmenes de los conductos radiculares.

Estas 40 raíces mesiales de molares inferiores humanos se dividieron en dos grupos. Siendo el grupo I - 20 raíces mesiales, las cuales se prepararon con limas WaveOne[®] y el grupo II- 20 raíces mesiales, preparadas con WaveOne Gold[®]. La preparación se realizó según las recomendaciones del fabricante.

WAVEONE PRIMARY[®]/ Grupo 1

- Se tomó el instrumento WaveOne Primary[®] y se colocó en el motor Silver VDW[®]
- Se seleccionó la programación WAVEONE ALL[®].
- Con una Lima k-10 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues Switzerland) se confirmó que el conducto esté permeable.
- Se Irrigo el conducto con hipoclorito de sodio al 5.25 %.
- Se determinó la longitud de trabajo 1 mm antes del foramen apical.
- El instrumento WaveOne Primary[®] (025/08) se introdujo con lentos movimientos de picoteo hacia dentro y hacia fuera.
- Siempre se realizó el procedimiento de conformación intraconducto con el instrumento WaveOne Primary[®] (025/08) en presencia de hipoclorito de sodio al 5.25 %.

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE[®] Y WAVEONE GOLD[®]

- Después de realizar tres picoteos, se retiró el instrumento del conducto y se limpiaron los restos de dentina del mismo.
- Se irrigó el conducto con hipoclorito de sodio al 5.25 %.
- Se continuó con el instrumento WaveOne Primary[®] (025/08) hasta que se alcanzó toda la longitud de trabajo del conducto radicular.
- Se Irrigo el conducto con hipoclorito de sodio al 5.25 %, ejecutando los protocolos de desinfección.

WAVEONE GOLD PRIMARY[®] / Grupo 2

- Se tomó el instrumento WaveOne Gold Primary[®] y se colocó en el motor Silver VDW[®]
- Se seleccionó la programación WAVEONE ALL[®].
- Con una Lima k-10 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues Switzerland) se confirmó que el conducto esté permeable.
- Se Irrigo el conducto con hipoclorito de sodio al 5.25 %.
- Se determino la longitud de trabajo 1 mm antes del foramen apical.
- El instrumento WaveOne Gold Primary[®] (025/07) se introdujo con lentos movimientos de picoteo hacia dentro y hacia fuera.
- Siempre se realizó el procedimiento de conformación intraconducto con el instrumento WaveOne Gold Primary[®] (025/07) en presencia de hipoclorito de sodio al 5.25 %.
- Después de realizar tres picoteos, se retiró el instrumento del conducto y se limpiaron los restos de dentina del mismo.
- Se irrigó el conducto con hipoclorito de sodio al 5.25 %.
- Se continuó con el instrumento WaveOne Gold Primary[®] (025/07) hasta que se alcanzó toda la longitud de trabajo del conducto radicular.
- Se Irrigó el conducto con hipoclorito de sodio al 5.25 %, ejecutando los protocolos de desinfección.

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS
UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE[®] Y WAVEONE GOLD[®]

Luego de la preparación de cada grupo, se tomaba nueva vez una tomografía computarizada de cone beam, para verificar milimétricamente la transportación producida.

7. RESULTADOS

Los dos sistemas de preparación utilizados en este estudio crearon transportación en todos los tercios del conducto radicular.

Tabla 1.1 Transportación en curvatura cervical externa de los conductos en las raíces mesiales

Sistema	N	Promedio	DE
WaveOne	20	0.06	0.21
WaveOne [®] Gold [®]	20	-0.05	0.27

	Valor	Gl	Valor P
Prueba T Student	0,4501	19	0,3288658

Interpretación Tabla 1.1

En la presente tabla se valora la transportación de la curvatura cervical externa en las raíces mesiales utilizando los sistemas WaveOne[®] y WaveOne Gold[®]. De los 20 molares mandibulares observados, la media de la transportación para la curvatura cervical externa utilizando el sistema WaveOne fue de 0.06 y la desviación estándar de 0.21, mientras que la media de los molares instrumentados con WaveOne[®] Gold[®] fue de -0.05 y la desviación estándar de 0.27.

La prueba estadística utilizada fue la T Student, dando resultado de 0,4501, un valor de 19 grados de libertad y valor p de 0,3288658. El valor de P es estadísticamente significativo, porque muestra que podemos rechazar la hipótesis nula (la transportación del conducto radicular será igual con los dos sistemas de instrumentación WaveOne[®] y WaveOne Gold[®]). Por lo que existe diferencia significativa entre las técnicas WaveOne[®] y WaveOne Gold[®].

Tabla 1.2 Transportación en curvatura cervical interna de los conductos en las raíces mesiales

Sistema	N	Promedio	DE
WaveOne [®]	20	0.08	0.29
WaveOne Gold [®]	20	0.03	0.20

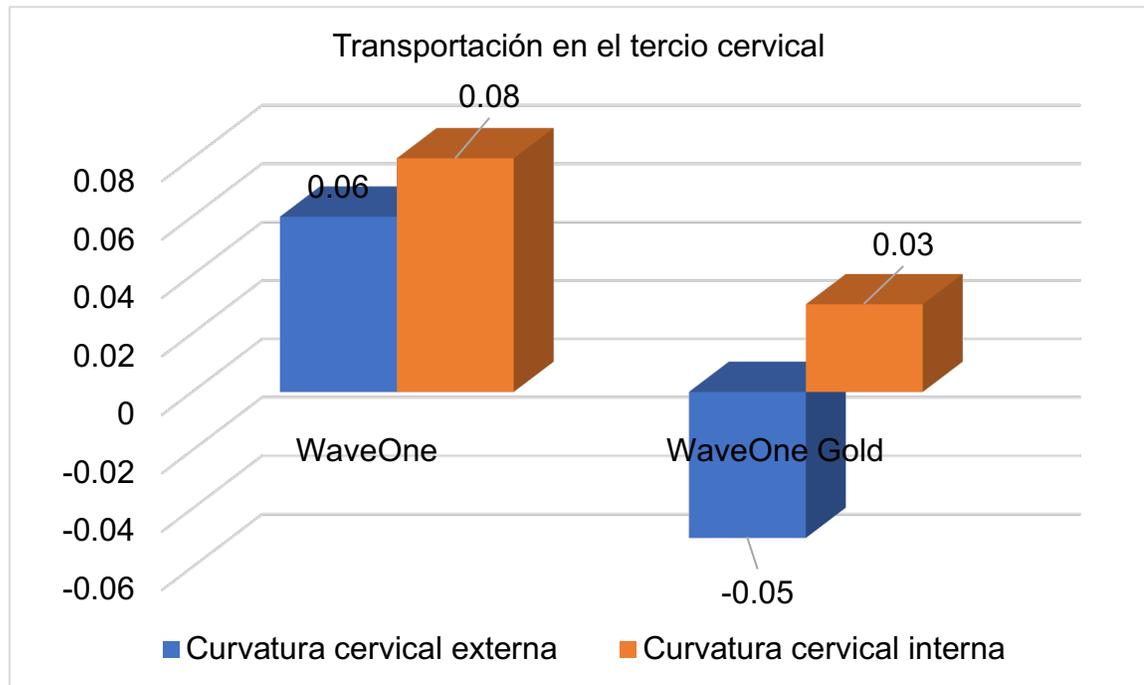
	Valor	GI	Valor P
Prueba T Student	0,2451	19	0,40450338

Interpretación Tabla 1.2

En esta tabla se evalúa la transportación de la curvatura cervical interna utilizando los sistemas WaveOne[®] y WaveOne Gold[®]. De los 20 molares observados, la media de la transportación para la curvatura cervical interna utilizando el sistema WaveOne[®] fue de 0.08 y la desviación estándar de 0.29, mientras que la media de los molares preparados con WaveOne Gold[®] fue de 0.03 y la desviación estándar de 0.20.

La prueba estadística utilizada fue la T Student, dando resultado de 0,2451 un valor de 19 grados de libertad y valor p de 0,40450338, considerándose como un valor P significativo. Por lo que existe diferencia significativa entre los sistemas WaveOne[®] y WaveOne Gold[®].

Gráfica 1. Transportación del tercio cervical utilizando las técnicas WaveOne Gold® y WaveOne® de los conductos en las raíces mesiales



Con el instrumento WaveOne® se encontró que la transportación de veinte raíces molares en el tercio cervical, en la curvatura cervical externa de las raíces mesiales, la media fue de 0.06 mientras que con WaveOne Gold® fue de -0.05. En la curvatura cervical interna, con WaveOne® la media fue de 0.08 mientras que con WaveOne Gold® fue de 0.03.

Tabla 2.1 Transportación en curvatura media externa de los conductos en las raíces mesiales

Sistema	N	Promedio	DE
WaveOne [®]	20	0.16	0.21
WaveOne Gold [®]	20	-0.05	0.26

	Valor	GI	Valor P
Prueba T Student	0,0761	19	0,47005972

Interpretación Tabla 2.1

En esta tabla se muestra la transportación de curvatura media externa en las raíces mesiales instrumentados por los sistemas WaveOne[®] y WaveOne Gold[®]. De los 20 molares mandibulares analizados, la media de la transportación para la curvatura media externa utilizando el sistema WaveOne[®] fue de 0.16 y la desviación estándar de 0.21, mientras que la media de los molares instrumentados con WaveOne Gold[®] fue de -0.05 y la desviación estándar de 0.26.

La prueba estadística utilizada fue la T Student, dando resultado de 0,0761, un valor de 19 grados de libertad y valor p de 0,47005972. El valor de P es estadísticamente significativo, porque muestra que logramos rechazar la hipótesis nula (La transportación del conducto radicular será igual con los dos sistemas de instrumentación WaveOne[®] y WaveOne Gold[®]). Por lo que existe diferencia significativa entre las técnicas WaveOne[®] y WaveOne Gold[®].

Tabla 2.2 Transportación en curvatura media interna de los conductos en las raíces mesiales

Sistema	N	Promedio	DE
WaveOne®	20	0.09	0.15
WaveOne Gold®	20	-0.02	0.20

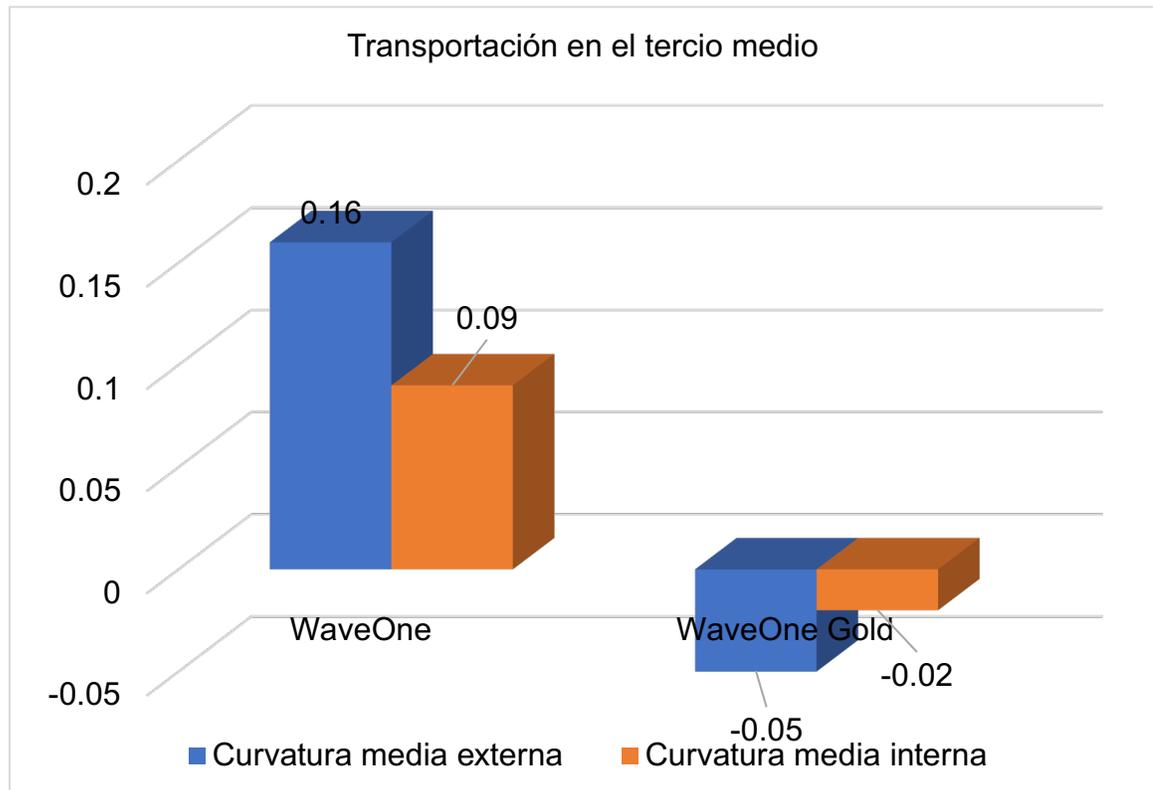
	Valor	Gl	Valor P
Prueba T Student	0,1286	19	0,449512

Interpretación Tabla 2.2

En esta tabla se exhiben los datos de la transportación de curvatura media interna en las raíces mesiales instrumentados por los sistemas WaveOne® y WaveOne Gold®. De los 20 molares mandibulares analizados, la media de la transportación para la curvatura media interna utilizando el sistema WaveOne® fue de 0.09 y la desviación estándar de 0.15, mientras que la media de los molares instrumentados con WaveOne Gold® fue de -0.02 y la desviación estándar de 0.20.

La prueba estadística utilizada fue la T Student, dando resultado de 0,1286 un valor de 19 grados de libertad y valor p de 0,449512. El valor de P es estadísticamente significativo, porque muestra que conseguimos rechazar la hipótesis nula (La transportación del conducto radicular será igual con los dos sistemas de instrumentación WaveOne® y WaveOne Gold®). Por lo que existe diferencia significativa entre los sistemas WaveOne® y WaveOne Gold®.

Gráfica 2. Transportación del tercio medio utilizando las técnicas WaveOne® y WaveOne Gold® de los conductos en las raíces mesiales



Con el instrumento WaveOne® se encontró que la transportación de veinte raíces molares en el tercio medio, en la curvatura media externa de las raíces mesiales, la media fue de 0.16 mientras que con WaveOne Gold® fue de -0.05. En la curvatura cervical interna, con WaveOne® la media fue de 0.09 mientras que con WaveOne Gold® fue de -0.02.

Tabla 3.1 Transportación en curvatura apical externa de los conductos en las raíces mesiales

Sistema	N	Promedio	DE
WaveOne®	20	0.40	0.18
WaveOne Gold®	20	-0.04	0.25

	Valor	Gl	Valor P
Prueba T Student	0,3804	19	0,3539

Interpretación Tabla 3.1

En esta tabla se evalúa la transportación de la curvatura apical externa utilizando los sistemas WaveOne® y WaveOne Gold®. De los 20 molares observados, la media de la transportación para curvatura apical externa utilizando el sistema WaveOne® fue de 0.40 y la desviación estándar de 0.18, mientras que la media de los molares preparados con WaveOne Gold® fue de -0.04 y la desviación estándar de 0.25.

La prueba estadística utilizada fue la T Student, dando resultado de 0,3804 un valor de 19 grados de libertad y valor p de 0,3539, considerándose como un valor p significativo. Por lo que existe diferencia significativa entre las técnicas WaveOne® y WaveOne Gold®. El valor de P es estadísticamente significativo, porque muestra que podemos rechazar la hipótesis nula (hipótesis alegada que la transportación del conducto radicular será igual con los dos sistemas de instrumentación WaveOne® y WaveOne Gold®).

Tabla 3.2 Transportación en curvatura apical interna de los conductos en las raíces mesiales

Sistema	N	Promedio	DE
WaveOne [®]	20	0.40	0.18
WaveOne Gold [®]	20	0.00	0.23

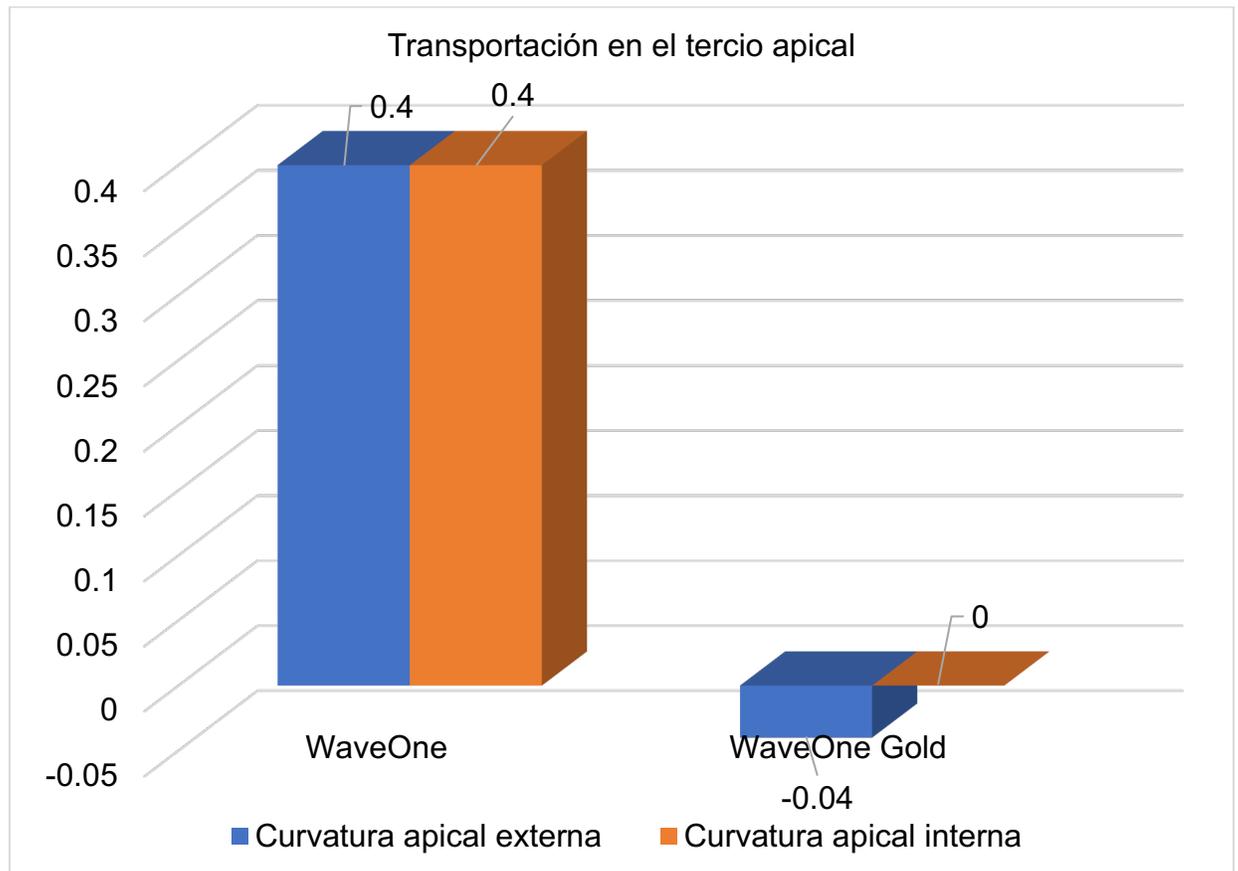
	Valor	Gl	Valor P
Prueba T Student	0,3823	19	0,3532

Interpretación Tabla 3.2

En la tabla se valora la transportación de la curvatura apical interna utilizando las técnicas WaveOne[®] y WaveOne Gold[®]. De los 20 molares observados, la media de la transportación para curvatura apical interna utilizando el sistema WaveOne[®] fue de 0.40 y la desviación estándar de 0.18, mientras que la media de los molares preparados con WaveOne Gold[®] fue de 0.00 y la desviación estándar de 0.23.

La prueba estadística utilizada fue la T Student, dando resultado de 0,3823 un valor de 19 grados de libertad y valor p de 0,3532, considerándose como un valor P significativo. Por lo que existe diferencia significativa entre las técnicas WaveOne[®] y WaveOne Gold[®]. El valor de p es estadísticamente significativo, porque muestra que podemos rechazar la hipótesis nula (la transportación del conducto radicular será igual con los dos sistemas de instrumentación WaveOne[®] y WaveOne Gold[®]).

Gráfica 3. Transportación del tercio apical utilizando las técnicas WaveOne® y WaveOne Gold® de los conductos en las raíces mesiales



Con el instrumento WaveOne® se encontró que la transportación de veinte raíces molares en el tercio apical, en la curvatura apical externa de las raíces mesiales, la media fue de 0.04 mientras que con WaveOne Gold® fue de -0.04. En la curvatura apical interna, con WaveOne® la media fue de 0.4 mientras que con WaveOne Gold® fue de 0.

Tabla 4. Comparativo del tercio radicular donde se produjo menor transportación.

Sistema	Tercios Radiculares					
	Cervical Externo	Cervical Interno	Medio Externo	Medio Interno	Apical Externo	Apical Interno
WaveOne®						
Media	-0,06	0,08	-0,16	-0,09	-0,40	-0,40
DE	0,21	0,29	0,21	0,15	0,18	0,18
WaveOne Gold®						
Media	-0,05	0,03	-0,05	-0,02	-0,04	0,00
DE	0,00	0,20	0,26	0,20	0,25	0,23

Interpretación Tabla 4

Mediante la tomografía computarizada se pudo establecer milimétricamente la transportación entre los dos las técnicas WaveOne® y WaveOne Gold®. Donde se logró realizar una medición en las tres áreas (cervical, medio, y apical). Las medias indican que en el tercio apical es la menor transportación. Con WaveOne® (media de -0,40 externa DE 0,18; media de -0,40 interna DE 0,18). Con WaveOne Gold® (media de 0,04 externa DE 0,25) (media 0,00 interna DE 0,23). Respecto a la media del tercio cervical y tercio medio.

Tabla 5. Instrumento que se mantiene más centralizado en la anatomía original del conducto.

Sistema	N	Promedio	DE
WaveOne [®]	20	-0.17	0.04
WaveOne Gold [®]	20	-0.02	0.00

	Valor	Gl	Valor P
Prueba T Student	0,0611	19	0,4759

Interpretación Tabla 5

En la tabla se valora cual instrumento se mantiene más centralizado en la anatomía original del conducto técnicas WaveOne[®] y WaveOne Gold[®]. De los 20 molares observados, la media utilizando el sistema WaveOne[®] fue de -0.17 y la desviación estándar de 0.04, mientras que la media de los molares preparados con WaveOne Gold[®] fue de -0.02 y la desviación estándar de 0.00,

La prueba estadística utilizada fue la T Student, dando resultado de 0,0611 un valor de 19 grados de libertad y valor p de 0,4759, considerándose como un valor p significativo. Por lo que existe diferencia significativa entre las técnicas WaveOne[®] y WaveOne Gold[®]. El valor de p es estadísticamente significativo, porque muestra que conseguimos rechazar la hipótesis nula (La transportación del conducto radicular será igual con los dos sistemas de instrumentación WaveOne[®] y WaveOne Gold[®]).

Instrumento de menor transportación fue WaveOne Gold[®] con media de -0.02 versus WaveOne[®]) con media de -0.17. Entendiéndose que el WaveOne Gold[®] mantiene más centralizado en la anatomía original del conducto.

8. DISCUSIÓN

Al identificar que instrumento WaveOne Gold[®] o WaveOne[®] produce menor transportación en los conductos radiculares.

En cuanto los instrumentos que produjeron menor transportación, se identificó que el instrumento WaveOne Gold[®] produce menor transportación en los conductos radiculares que WaveOne[®].

En el estudio de Tambe et al.¹¹, en el 2014, compararon el transporte de conducto de los sistemas rotatorios ProTaper[®], OneShape[®] y WaveOne[®] utilizando la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) en los conductos radiculares curvos. Las limas WaveOne[®] causaron menos transporte que las limas OneShape[®] y ProTaper[®].

Mientras que Gergi et al.¹⁴ en el 2014 evaluaron y compararon el transporte de conductos radiculares curvos mediante el uso de tres sistemas de níquel-titanio: Reciproc[®], WaveOne[®] y Twisted Files Adaptive (TF)[®]. Se encontró que el sistema adaptativo TF o Twisted Files Adaptive (TF)[®] tenía menos transporte en los conductos en comparación con los grupos recíprocos.

También en el 2014, Capar et al.¹³, compararon los efectos de seis sistemas rotatorios y recíprocos diferentes (OneShape[®] (OS), ProTaper Next X2[®], Reciproc[®] (R) R25, Twisted File Adaptive[®] (TFA) SM2 y WaveOne Primary[®]) en el transporte radicular de los conductos curvos de la raíz mesial del molar mandibular a través de imágenes tomográficas computarizadas de haz cónico (CBCT). Se concluyó que los seis sistemas de limas produjeron un transporte similar en la preparación de los conductos mesiales de los molares mandibulares.

Sin embargo, Liu y Wu¹⁷ en el 2016; determinaron la extensión del transporte del centro del conducto también llamado centro medio durante la conformación del conducto utilizando tres instrumentos diferentes de níquel-titanio (Twisted File Adaptive[®] [TFA]; WaveOne[®] (WO) limas ProTaper Next[®]). Se concluyó que los conductos curvos preparados con TFA[®] exhibieron menos transporte del centro del conducto o tercio medio en la sección apical que los sistemas WO[®] y PTN[®].

También Kishore et al.¹⁸, en el 2017, compararon la capacidad de transporte de tres sistemas rotatorio de níquel-titanio (NiTi) (Twisted Files[®] [TF], memoria controlada HyFlex[®] [CM] y WaveOne[®] [WO]) en conductos radiculares curvos utilizando tomografía computarizada (CT). Se observó menos transporte apical en el sistema de limas HyFlex CM[®] en las tres secciones, seguido de TF[®]. El sistema de limas WO[®] mostró el máximo transporte. Se concluyó que la preparación del conducto con el sistema de limas HyFlex CM[®] mostró menos transporte que el sistema de limas TF[®], WO[®].

Vallabhaneni, Fatima y Kumar¹⁹ en el 2017 compararon el transporte de conductos de dos sistemas, WaveOne Gold[®] y Neoniti[®], utilizando la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). Se eligieron un total de 40 conductos mesiovestibulares de primeros molares superiores con curvaturas de 15 ° -30 ° y se dividieron aleatoriamente en dos grupos experimentales (n = 20). El transporte mesiodistal y bucolingual mostró una diferencia estadísticamente significativa a 3 mm (P = 0.009) y 7 mm (P = 0.002), respectivamente, cuando se instrumentaron con Neoniti[®] que WaveOne Gold.

Singh et al.²⁴ en el 2019, compararon la capacidad de conformación de tres sistemas de limas: 2Shape (2S)[®], WaveOne Gold (WOG)[®] y ProTaper Gold[®], utilizando la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). No hubo diferencias significativas entre el 2S[®] y WOG[®] en términos de transporte apical

y relación de centrado, mientras que ProTaper Gold[®] mostró una diferencia significativa mayor en comparación con el 2S[®] y el WOG[®].

En el 2019 Poly et al.²⁶ compararon el transporte de conducto producido después de la instrumentación con un solo sistema reciprocante tratado con calor, WaveOne Gold[®] (WOG) y un solo instrumento rotatorio con calor, XPendo Shaper[®] (XPS), utilizando tomografía microcomputada (micro-CT). Para lograr esto los conductos radiculares de la raíz mesial de los molares mandibulares con curvatura severa (25 -70 °) se asignaron aleatoriamente a grupos WOG[®] o XPS[®] para su preparación. Se pudo demostrar que la técnica de micro-CT reveló menos transporte de conducto con XPS[®] en comparación con WOG[®].

Al determinar en qué tercio del conducto se produjo menor transportación.

Referente al tercio donde se produjo menor transportación, se determinó que en el tercio apical del conducto se produjo mínima transportación, con ambos sistemas WaveOne[®] y WaveOne Gold[®].

Wegener Klener⁹ evaluó la transportación del tercio medio y apical producido por la instrumentación con WaveOne[®] y RaCe[®]. Este estudio fue realizado en el año 2013, donde se observó que los dos sistemas produjeron transportación en el tercio medio del conducto por la zona de furca. Cabe destacar, que el sistema WaveOne[®] obtuvo mayor desgaste y más desigual a ese nivel.

Zhao et al.¹² en el 2014; describieron las propiedades de conformación de conductos de los instrumentos de níquel titanio ProTaper Next[®], ProTaper Universal[®] y WaveOne[®] en primeros molares mandibulares, mediante el uso de escaneo tomográfico microcomputarizado (micro-CT). Se seleccionaron un total de 36 primeros molares maxilares con 2 conductos mesiales, separados y 1

conducto distal. El sistema PTN[®] produjo menos transporte que los sistemas WaveOne[®] y PTU[®] en el tercio apical de los conductos mesiales.

En el 2015, Agarwal et al.¹⁵ compararon el transporte del conducto, la capacidad de centrado para la preparación de los conductos radiculares curvos después de la instrumentación con los sistemas de lima única OneShape[®] y WaveOne[®], utilizando tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). Se observó que no había diferencias en la magnitud del transporte entre los instrumentos rotatorios tanto a 3 mm como a 6 mm del ápice. A 9 mm del ápice, el PT del Grupo I mostró un transporte medio del conducto significativamente más alto y una menor capacidad de centrado en comparación con el OS del Grupo II y el WO del Grupo III; mientras que las diferencias entre OS y WO no fueron estadísticamente significativas.

También Dhingra, Ruhai y Miglani¹⁶, en el 2015, compararon y evaluaron el sistema de instrumentación de lima única WaveOne[®], Reciproc[®] y OneShape[®], sobre el transporte del conducto en el primer molar mandibular utilizando Tomografía Computarizada de Haz Cónico. Al evaluar el transporte de los tres sistemas de limas a una distancia de 7 mm (comenzando desde 0 mm y luego evaluando a 1 mm, 2 mm, 3 mm, 5 mm y 7 mm), los resultados mostraron una diferencia significativa entre los sistemas de limas en varias longitudes ($p = 0.014, 0.046, 0.004, 0.028, 0.005$ y 0.029 respectivamente).

Liu y Wu¹⁷ en el 2016; determinaron la extensión del transporte del centro del conducto o tercio medio, durante la conformación del conducto utilizando tres instrumentos diferentes de níquel-titanio (Twisted File Adaptive[®] [TFA]; WaveOne[®] (WO) y ProTaper Next[®]). Se concluyó que los conductos curvos preparados con TFA[®] exhibieron menos transporte del centro del conducto o tercio medio en la sección apical que los sistemas WO[®] y PTN[®]

Kishore et al.¹⁸, en el 2017, compararon la capacidad de transporte de tres sistemas rotatorio de níquel-titanio (NiTi) (Twisted Files[®] [TF], HyFlex[®] [CM] y WaveOne[®] [WO]) en conductos radiculares curvos utilizando tomografía computarizada (CT). Se observó menos transporte apical en el sistema de limas HyFlex CM[®] en las tres secciones, seguido de TF[®].

Yuan y Yang²⁰, en el 2018; compararon la capacidad de conformación del sistema de una sola lima (WaveOne[®], WO) versus el sistema de limas múltiples (ProTaper Next[®], PTN) en conductos severamente curvados. Se utilizó tomografía microcomputada. En el tercio apical, los conductos preparados con WO[®] mostraron valores de transporte mayores en comparación con los del grupo PTN[®] en la dirección de la curvatura principal.

Cui et al.²¹, en el 2018, compararon las capacidades de conformación de los instrumentos de Ni-Ti ProTaper Next[®] (PN) y WaveOne[®] (WO); el sistema rotatorio PN[®] causó menos transporte en la curva apical que el sistema WO[®] en procedimientos complicados del conducto radicular.

Al comparar y determinar cuál instrumento WaveOne Gold[®] y WaveOne[®] o se mantiene más centralizado en la anatomía original del conducto.

De la comparación realizada se determinó, que el instrumento WaveOne Gold[®] se mantiene más centralizado en la anatomía original del conducto que WaveOne[®].

Tambe et al.⁸, en el 2014, compararon la capacidad de centrado de los sistemas rotatorios ProTaper[®], OneShape[®] y WaveOne[®] utilizando la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) en los conductos radiculares curvos. Las limas WaveOne[®] permanecieron mejor centradas en el conducto que las limas OneShape[®] y ProTaper[®].

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE[®] Y WAVEONE GOLD[®]

Lo opuesto tuvo Gergi et al.¹⁴ en el 2014 evaluaron y compararon el centrado de conductos radiculares curvos mediante el uso de tres sistemas de níquel-titanio: Reciproc[®], WaveOne[®] y Twisted Files Adaptive[®] (TF). Se encontró que el sistema adaptativo TF o Twisted Files Adaptive[®] (TF) tenía mejor capacidad de centrado en comparación con los grupos recíprocos.

Coincidiendo con Kishore et al.¹⁸, en el 2017, compararon el centrado del conducto de tres sistemas rotatorio de níquel-titanio (NiTi) (Twisted Files[®] [TF], HyFlex[®] [CM] y WaveOne[®] [WO]) en conductos radiculares curvos utilizando tomografía computarizada (CT). Se observó mayor capacidad de centrado en el sistema HyFlex CM[®] en las tres secciones, seguido de TF[®]. Se concluyó que la preparación del conducto con el sistema HyFlex CM[®] mostró mejor capacidad de centrado que el sistema de limas TF[®], WO[®].

Los resultados de esta investigación coinciden con Vallabhaneni, Fatima y Kumar¹⁹ en el 2017 compararon el transporte de conductos de dos sistemas, WaveOne Gold[®] y Neoniti[®], utilizando la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). Se eligieron un total de 40 conductos mesiovestibulares de primeros molares superiores con curvaturas de 15 ° -30 ° y se dividieron aleatoriamente en dos grupos experimentales (n = 20). La lima de reciprocidad WaveOne Gold[®] respetaba mejor la anatomía del conducto original que la lima continua Neoniti[®].

Mientras que Yuan y Yang²⁰, en el 2018; compararon la capacidad de conformación del sistema de una sola lima (WaveOne[®], WO) versus el sistema de limas múltiples (ProTaper Next[®], PTN) en conductos severamente curvos. Se utilizó tomografía microcomputada. Los conductos preparados con PTN estaban mejor centrados en la región apical.

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE[®] Y WAVEONE GOLD[®]

Vorster, van der Vyver y Paleker²² en el 2018, compararon la capacidad de centrado del instrumento WaveOne Gold Primary[®] (WOGP) con o sin diferentes técnicas de trayectoria de patencia. Se seleccionaron los conductos mesiovestibulares de 60 molares mandibulares humanos extraídos (ángulos de curvatura entre 25° y 35° y radios # 10 mm). Se concluyó que el rendimiento del instrumento WOGP[®] con respecto a la capacidad de centrado no fue influenciado por los diferentes grupos de preparación de trayectoria de patencia / sin patencia.

Aydin et al.²⁵ en el 2019 compararon el centrado de los sistemas de limas ProGlider[®] (PG), Wave-One Gold Glider[®] (WOGG) y R-Pilot[®] (RP) en los conductos mesiales de los primeros molares mandibulares con curvatura moderada). Se pudo demostrar que los sistemas de limas WOGG[®] y RP[®] causaron niveles similares de cambio en los sistemas de conducto radicular basados en todos los parámetros. Además, se determinó que el sistema de limas PG[®] causó un aumento de volumen y área superficial significativamente mayor que los sistemas de limas WOGG[®] y RP[®].

En el 2019 Poly et al.²⁶ compararon la relación de centrado producida después de la instrumentación con un solo sistema recíprocante tratado con calor, WaveOne Gold[®] (WOG) y un solo instrumento rotatorio con calor, XPendo Shaper[®] (XPS), utilizando tomografía microcomputarizada (micro-CT). Para lograr esto los conductos radiculares mesiales de los molares mandibulares con curvatura severa (25-70 °) se asignaron aleatoriamente a grupos WOG[®] o XPS[®] para su preparación. Se pudo demostrar que la técnica de micro-CT reveló una capacidad de centrado significativamente mejor con XPS[®] en comparación con WOG[®].

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE[®] Y WAVEONE GOLD[®]

Bürklein, Flüch y Schäfer²⁷ en el 2019 compararon el enderezamiento de los conductos instrumentados Reciproc[®] (VDW), WaveOne[®](Densply), Reciproc blue[®] (VDW) y WaveOne Gold[®] (Densply) en conductos radiculares severamente curvos. Todos los instrumentos mantuvieron bien la curvatura del conducto original sin diferencias significativas entre los instrumentos ($P = 0.278$). Bajo las condiciones de este estudio, todos los instrumentos respetaron bien la curvatura del conducto original.

9. CONCLUSIONES

Finalizado el proceso de análisis e interpretación los resultados de la investigación, se rechaza la hipótesis nula que era: La transportación del conducto radicular será igual con los dos sistemas de instrumentación WaveOne[®] y WaveOne Gold[®]. La investigación acepta la hipótesis alterna: La transportación del conducto radicular será diferente con los dos sistemas de instrumentación WaveOne[®] y WaveOne Gold[®]. Debido a que las prueba T student, medias y desviación estándar evidencian una diferencia significativa en cuanto a la transportación radicular producida por los Sistemas WaveOne[®] y WaveOne Gold[®].

En cuanto los instrumentos que produjeron menor transportación, se identificó que el instrumento WaveOne Gold[®] produce menor transportación en los conductos radiculares.

Referente al tercio donde se produjo menor transportación, se determinó que en el tercio apical del conducto se produjo mínima transportación.

De la comparación realizada se determinó, que instrumento WaveOne Gold[®] se mantiene más centralizado en la anatomía original del conducto.

10. RECOMENDACIONES

La investigación in vitro puede producir resultados no extrapolables, ya que difieren de las circunstancias reales en la cavidad bucal, para nivelar las muestras se seccionaron los molares, supeditado, en cierto modo se reduce la complejidad que pudiese presentar la preparación de los conductos radiculares.

- _ Se indica alcanzar futuras investigaciones muestras homogéneas.
- _ Inquirir antes de utilizar cualquier técnica de instrumentación.
- _ Manejar técnicas que permitan mantener la anatomía original del conducto radicular o lo más cercana a la misma
- _ Realizar futuras investigaciones sobre transportación radicular con sistemas rotatorios vs reciprocantes o diferentes sistemas reciprocantes.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Soares IJ, Goldberg F, González M. Endodoncia: técnicas y fundamentos. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2012.
2. Olivi G, Moor RD, DiVito E. Lasers in Endodontics Scientific Background and Clinical Applications. Cham: Springer International Publishing; 2018.
3. Rhodes J, Pitt Ford T, Lynch Liepins P, Curtis R. A comparison of two nickel titanium instrumentation techniques in teeth using microcomputed tomography. *International Endodontic Journal*. 2000; p. 279-285.
4. Liambrianidi T. Ledging and blockage of root canals during canal preparation: causes, recognition, prevention, management, and outcomes. *Endodontic Topics*. 2009; p. 56-74.
5. Schäfer E, Dammaschke T. Development and sequence of canal transportation. *Endod Topics* 2009; 15:75-90.
6. Pasternak B, Sousa-neto M, Silva R. Canal transportation and centring ability of race rotary instruments. *International Endodontic Journal*. 2004; p. 832-839.
7. Leonardi LE, Atlas DM, Raiden G. Comparación de dos métodos para evaluar la transportación apical. *Acta Odontológica Venezolana*. 2007; p. 1-6.
8. Saiz Manzano A, Martínez Bertomeu C, Micó Muñoz P, Fayos Soler T. Estudio comparativo in vitro entre la instrumentación manual con limas de acero inoxidable y la instrumentación rotatoria con limas de níquel-titanio en cuanto al transporte apical en conductos curvos. *Endodoncia*. 2008; p. 135-139.
9. Wegener Klener K. Estudio comparativo in vitro del grado de transportación del tercio medio y apical del conducto radicular utilizando dos sistemas de instrumentación mecanizada de níquel-titanio: Waveone y Race. *Repositorio Académico Universidad de Chile*. 2013.
10. Donayre Escriba J, Rodríguez Rafael I, García Villegas R, Jara Castro M. Comparación de la preparación de conductos radiculares con tres sistemas

- rotatorios por medio de tomografía de haz cónico. Paraguay Oral Research. 2014; p. 26-32.
11. Tambe VH, Nagmode PS, Abraham S, Patait M, Lahoti PV, Jaju N. Comparison of canal transportation and centering ability of rotary protaper, one shape system and wave one system using cone beam computed tomography: An in vitro study. J Conserv Dent. 2014 Nov;17(6):561-5. doi: 10.4103/0972-0707.144605.
 12. Zhao, D., Shen, Y., Peng, B., & Haapasalo, M. Root Canal Preparation of Mandibular Molars with 3 Nickel-Titanium Rotary Instruments: A Micro-Computed Tomographic Study. Journal of Endodontics. 2014; 40(11): 1860–1864. doi:10.1016/j.joen.2014.06.023
 13. Capar, I. D., Ertas, H., Ok, E., Arslan, H., & Ertas, E. T. 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. doi:10.1016/j.joen.2013.10.010
 14. Gergi R, Arbab-Chirani R, Osta N, Naaman A. Micro-Computed Tomographic Evaluation of Canal Transportation Instrumented by Different Kinematics Rotary Nickel-Titanium Instruments [article in press]. American Association of Endodontists. J Endod [Internet] 2014; [acceso 15 de enero del 2020]: 1-5; disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2014.01.039>
 15. Agarwal RS, Agarwal J, Jain P, Chandra A. Comparative Analysis of Canal Centering Ability of Different Single File Systems Using Cone Beam Computed Tomography- An In-Vitro Study. J Clin Diagn Res. 2015 May;9(5):ZC06-10. doi: 10.7860/JCDR/2015/12097.5863. Epub 2015 May 1.
 16. Dhingra A, Ruhai N, Miglani A. Evaluation of Single File Systems Reciproc, Oneshape, and WaveOne using Cone Beam Computed Tomography -An In Vitro Study. J Clin Diagn Res. 2015 Apr;9(4):ZC30-4. doi: 10.7860/JCDR/2015/12112.5803. Epub 2015 Apr 1.
 17. Liu, W., & Wu, B. Root Canal Surface Strain and Canal Center Transportation

- Induced by 3 Different Nickel-Titanium Rotary Instrument Systems. *Journal of Endodontics*. 2016; 42(2): 299–303. doi:10.1016/j.joen.2015.10.023
18. Kishore A, Gurtu A, Bansal R, Singhal A, Mohan S, Mehrotra A. Comparison of canal transportation and centering ability of Twisted Files, HyFlex controlled memory, and Wave One using computed tomography scan: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2017 May-Jun;20(3):161-165. doi: 10.4103/JCD.JCD_110_16.
19. Vallabhaneni S, Fatima K, Kumar TH. Cone-beam computed tomography assessment of root canal transportation using WaveOne Gold and Neoniti single-file systems. *J Conserv Dent*. 2017 Nov-Dec; 20(6): 434–438.
20. Yuan G, Yang G. Comparative evaluation of the shaping ability of single-file system versus multi-file system in severely curved root canals. *J Dent Sci*. 2018 Mar;13(1):37-42. doi: 10.1016/j.jds.2017.09.005. Epub 2018 Feb 1.
21. Cui Z, Wei Z, Du M, Yan P, Jiang H. Shaping ability of protaper next compared with waveone in late-model three-dimensional printed teeth. *BMC Oral Health*. 2018 Jun 25;18(1):115. doi: 10.1186/s12903-018-0573-8.
22. Vorster M van der Vyver PJ, Paleker F. Canal Transportation and Centering Ability of WaveOne Gold in Combination with and without Different Glide Path Techniques [article in press]. *J Endod*. 2018; 1–6.
23. Centenaro CF, Grecca FS, Kopper PMP, et al. NiTi loss on the dentinal walls and instrument deformation during root canal preparation. *Microsc Res Tech*. [Internet] 2018; [acceso marzo 10, 2020] 00:1–5. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jemt.23053>
24. Singh S, Mohammed Abdul MS, Sharma U, Sainudeen S, Jain C, Kalliath JT. An in vitro Comparative Evaluation of Volume of Removed Dentin, Canal Transportation, and Centering Ratio of 2Shape, WaveOne Gold, and ProTaper Gold Files Using Cone-Beam Computed Tomography. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2019 Sep-Oct; 9(5): 481–485.

25. Aydin ZU, Keskin NB, Ozyurek T, Geneci F, Ocak M, Celik HH. Microcomputed Assessment of Transportation, Centering Ratio, Canal Area, and Volume Increase after Single-file Rotary and Reciprocating Glide Path Instrumentation in Curved Root Canals: A Laboratory Study. American Association of Endodontists. J Endod [Internet] 2019; [acceso 15 de enero del 2020]: 1-6; disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.02.012>
26. Poly A, AlMalki F, Marques F, Karabucak B. Canal transportation and centering ratio after preparation in severely curved canals: analysis by micro-computed tomography and double-digital radiography. Clinical Oral Investigations [Internet]. 2019 [acceso 15 de enero del 2020]: 1-6; disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00784-019-02870-8>
27. Bürklein S, Flüch S, Schäfer E. Shaping ability of reciprocating single-file systems in severely curved canals: WaveOne and Reciproc versus WaveOne Gold and Reciproc blue. Odontology. 2019 Jan;107(1):96-102. doi: 10.1007/s10266-018-0364-3. Epub 2018 May 18.
28. Walton RE, Torabinejad M (eds). Principios y práctica de la endodoncia. 2 Dakota del Norte ed. Philadelphia: WB Saunders, 1996: 181-233.
29. Golberg F, Araujo JA. Comparison of three instruments in the preparation of curved root Conductos. EndodDentTraumatol 1997; 13(6): 265-268.
30. Samyn JA, Nicholls JI, Steiner JC. Comparison of stainless steel and nickel-titanium instruments in molar root conducto preparation. J Endod 1996; 22: 177-181.
31. Corrales Pallares CI, Fernández Munive M, Montalvo Hoyos SP. Comparación *in vitro* de la transportación apical de conductos con curvaturas moderadas a severas utilizando limas Wave One Gold[®] y Reciproc Blue[®]. Proyecto de investigación para obtener el título de especialista en endodoncia. Cartagena de Indias, Colombia: Universidad de Cartagena; 2019.
32. Gluskin AH, Peters CI, Ming Wong RD, Ruddle CJ. Retreatment of non-

- healing endodontic therapy and management of mishaps. In: Ingle JI, Bakland LK, Baumgartner C, eds. Textbook of Endodontics, 6th edn. Hamilton, Ontario, Canada: BC Decker, 2008: 1088– 1161.
33. Schwartz RS, Canakapalli V, Horalek AL. Best practices in endodontics: a desk reference. Chicago: Quintessence Publishing Co Inc.; 2015.
34. Gulabivala K, Ng Y-L. Endodontics. Edinburgh: Elsevier Ltd.; 2014.
35. Burgos F. Aleación níquel titanio en endodoncia. Universidad de Valparaíso Facultad de Odontología. Postgrado en Endodoncia; 2013. [Internet] Disponible en: [http://www.postgradosodontologia.cl/endodoncia/images/Especialidad Endodoncia/Seminarios/2013-2014/DocSeminarioNITI.pdf](http://www.postgradosodontologia.cl/endodoncia/images/Especialidad%20Endodoncia/Seminarios/2013-2014/DocSeminarioNITI.pdf)
36. De-Deus G, Silva E, Souza E, Versiani M, Zuolo M. O Movimento Reciprocante na Endodontia. 1st ed. Sao Paulo, Brazil: Quintessence Pub.; 2017.
37. Patel S, Durack C, Abella F, Shemesh H, Roig M, Lemberg K. Cone beam computed tomography in Endodontics – a review. International Endodontic Journal, 2015; 48: 3–15.
38. Zheng Q-H, Wang Y, Zhou X-D, Wang Q, Zheng G-N, Huang D-M. A cone-beam computed tomography study of maxillary first permanent molar root and canal morphology in a Chinese population. Journal of Endodontics. 2010; 36: 1480–1484.
39. Wolcott J, Ishley D, Kennedy W, Johnson S, Minnich S, Meyers J. A 5 yr clinical investigation of second mesiobuccal canals in endodontically treated and retreated maxillary molars. Journal of Endodontics. 2005; 31: 262–264.
40. Matherne RP, Angelopoulos C, Kulilid JC, Tira D. Use of cone-beam computed tomography to identify root canal systems in vitro. Journal of Endodontics. 2008; 34:87-89.
41. Tu M-G, Huang H-L, Hsue S-S, Hsu J-T, Jou M-J, Tsai C-C. Detection of permanent three-rooted mandibular first molars by cone-beam computed

- tomography imaging in Taiwanese individuals. *Journal of Endodontics*. 2009; 35: 503-507.
42. Abella F, Patel S, Duran-Sindreu F, Mercadeo M, Roig M. Mandibular first molars with disto-lingual roots: review and clinical management. *International Endodontic Journal*. 2012; 45: 963-978.
43. Blattner TC, Goerge N, Lee CC, Kumar V, Yelton CDJ. Efficacy of CBCT as a modality to accurately identify the presence of second mesiobuccal canals in maxillary first and second molars: a pilot study. *Journal of Endodontics*. 2010; 36: 867–870.
44. Neelakantan P, Subbarao C, Subbarao VC. Comparative evaluation of modified Clearing technique, CBCT, peripheral quantitative CT, spiral CT, and plain and contrast medium-enhanced digital radiography in studying root canal morphology. *Journal of Endodontics*. 2010; 36, 1547–1551.
45. Filho FB, Zaitter S, Haragushiku GA, Campos EA, Abuabara A, Correr GM. Analysis of the internal anatomy of maxillary first molars by using different methods. *Journal of Endodontics*. 2009; 35: 337–342.
46. Estrela C, Bueno MR, Sousa-Neto MD, Pecora JD. Method for determination of root curvature radius using cone-beam computed tomography images. *Brazilian Dental Journal*. 2008; 19: 114–118.
47. Patel S. The use of cone beam computed tomography in the conservative management of dens invaginatus: a case report. *International Endodontic Journal*. 2010; 43: 707–713.
48. Friedman S. Prognosis of initial endodontic therapy. *Endodontic Topics* 2002; 2: 59–98.
49. Liang Y-H, Li G, Wesselink PR, Wu M-K. Endodontic outcome predictors identified with periapical radiographs and cone-beam computed tomography scans. *Journal of Endodontics*. 2011; 37, 326–331.

50. Patel S, Mannocci F, Shemesh H, Wu M-K, Wesselink P, Lambrechts P. Radiographs and CBCT-time for a reassessment? International Endodontic Journal. 2011; 44: 887–888.
51. Patel S, Wilson R, Dawood A, Foschi Mannocci F. The detection of periapical pathosis using digital periapical radiography and cone beam computed tomography – Part 2: a 1-year post-treatment follow-up. International Endodontic Journal. 2012; 45: 711–723.
52. Liang YH, Jiang LM, Jiang L et al. (2013) Radiographic healing after a root canal treatment performed in single-rooted teeth with and without ultrasonic activation of the irrigant: a randomized controlled trial. Journal of Endodontics. 2013; 39: 1218–1225.
53. Fernandez R, Cadavid D, Zapata SM, _Alvarez G, Restrepo FA. Impact of three radiographic methods in the outcome of nonsurgical endodontic treatment: a five-year follow up. Journal of Endodontics. 2013; 39: 1097–1103.
54. Universidad Obierta de Catalunya. Estudios analíticos. Estudios cuasiexperimentales. [Internet] 2019. Disponible en: http://cv.uoc.edu/UOC/a/moduls/90/90_166d/web/main/m4/22f.html
55. Niño VM. Metodología de la investigación, diseño y ejecución. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U; 2011.
56. Palella S, Martins F. Metodología de la investigación cuantitativa. Caracas, Venezuela: Fedupel; 2012.
57. Burbano M, Cortés-Naranjo D, Carrillo-Rengifo K, Espinosa E Evaluación radiográfica del grado y radio de curvatura en conductos mesio vestibulares de primeros molares superiores. Revista Odontología. Enero - Julio 2017; 19(1): 23-32.

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS
UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE[®] Y WAVEONE GOLD[®]

12. ANEXOS

Fotos del Experimento



Hipoclorito de sodio usado en el experimento para la desinfección de las muestras

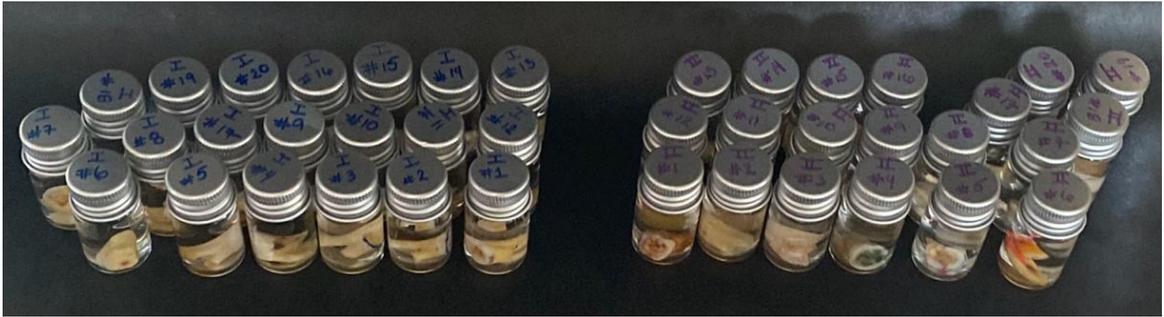


Jeringas

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS
UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE® Y WAVEONE GOLD®



EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE® Y WAVEONE GOLD®



Molares recolectados para realizar el experimento. Fueron desinfectados con hipoclorito de sodio y conservados en suero fisiológico previo a la remoción de la corona.

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS
UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE® Y WAVEONE GOLD®

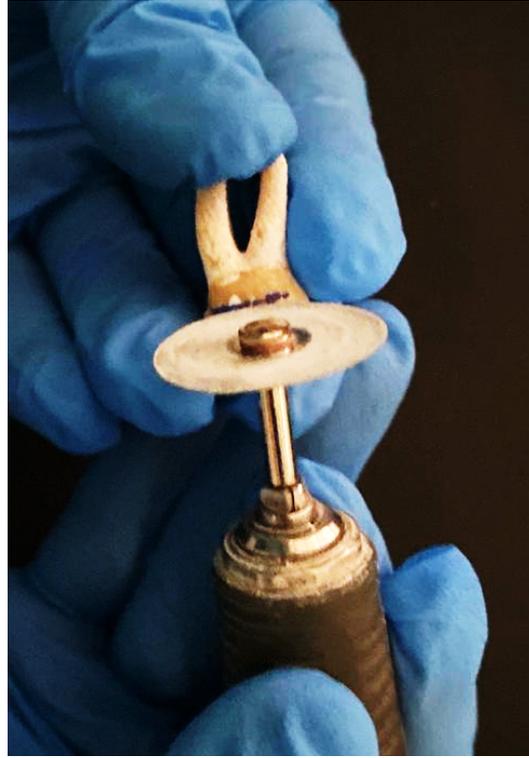


Medición



Remoción de la corona con un instrumento

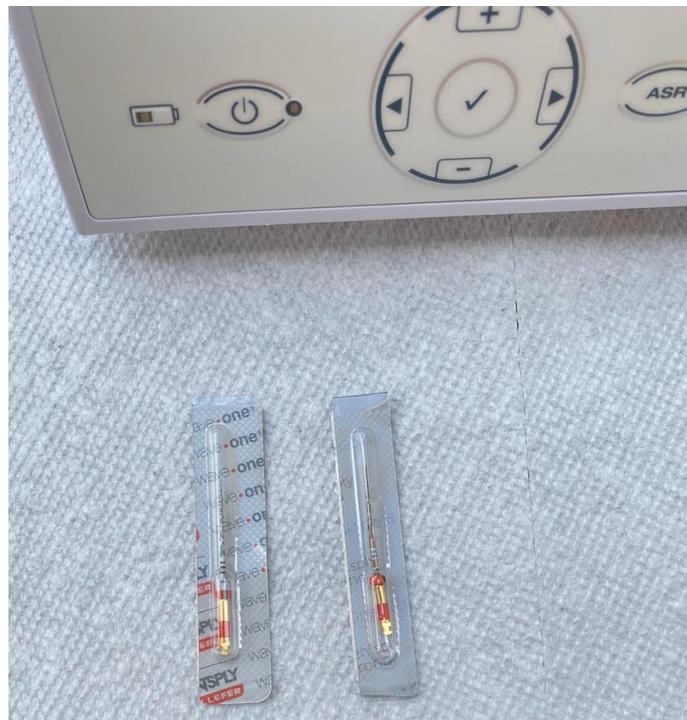
EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS
UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE[®] Y WAVEONE GOLD[®]



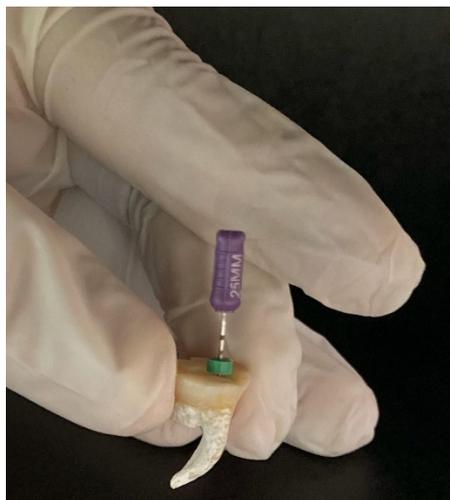
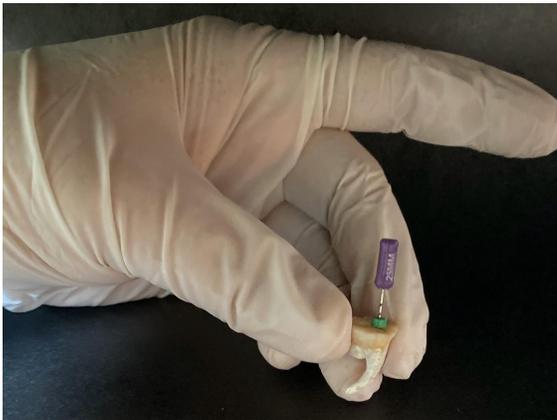
EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS
UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE® Y WAVEONE GOLD®



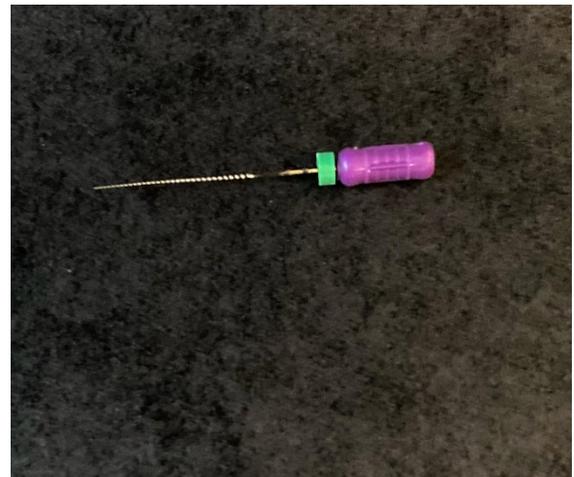
Limas



EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE® Y WAVEONE GOLD®



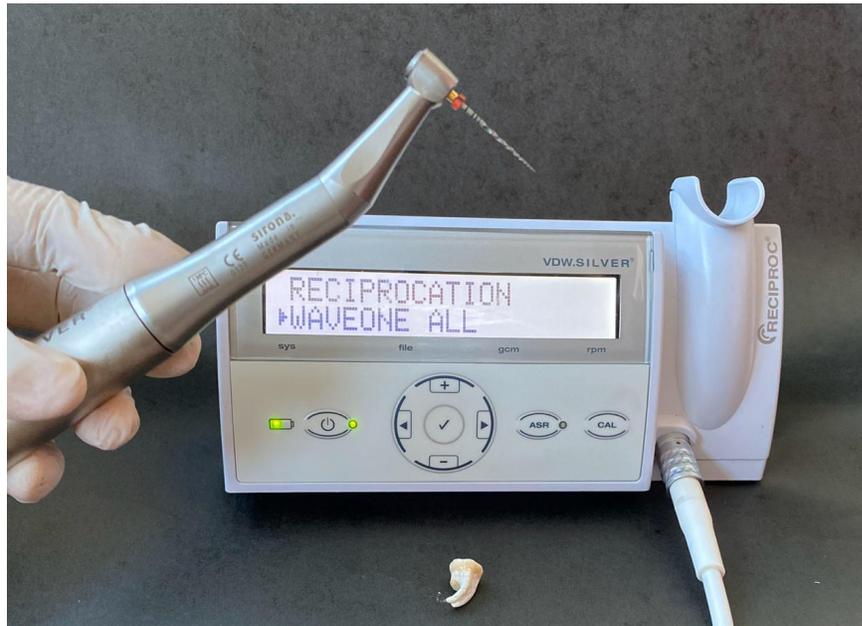
EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE® Y WAVEONE GOLD®



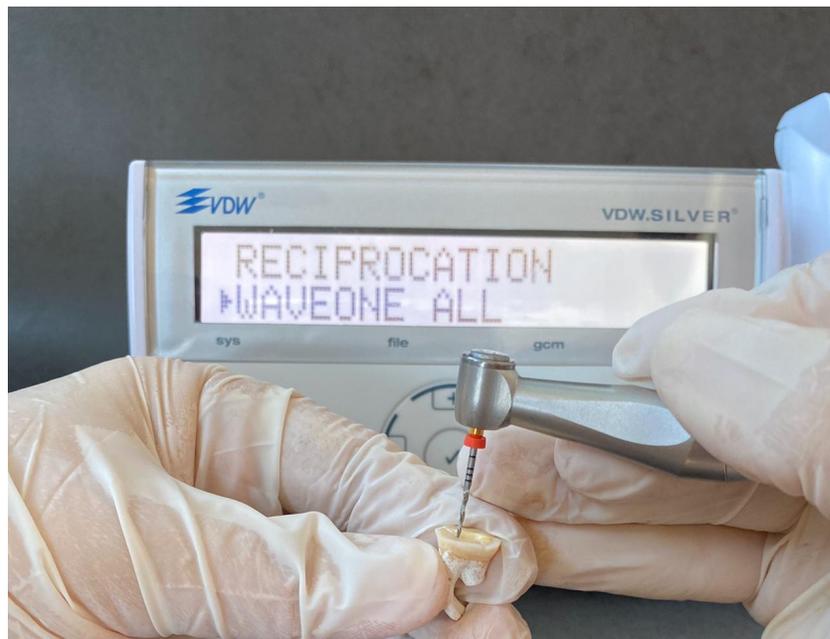
EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS
UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE® Y WAVEONE GOLD®



EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE® Y WAVEONE GOLD®



EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS
UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE® Y WAVEONE GOLD®



EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS
UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE® Y WAVEONE GOLD®



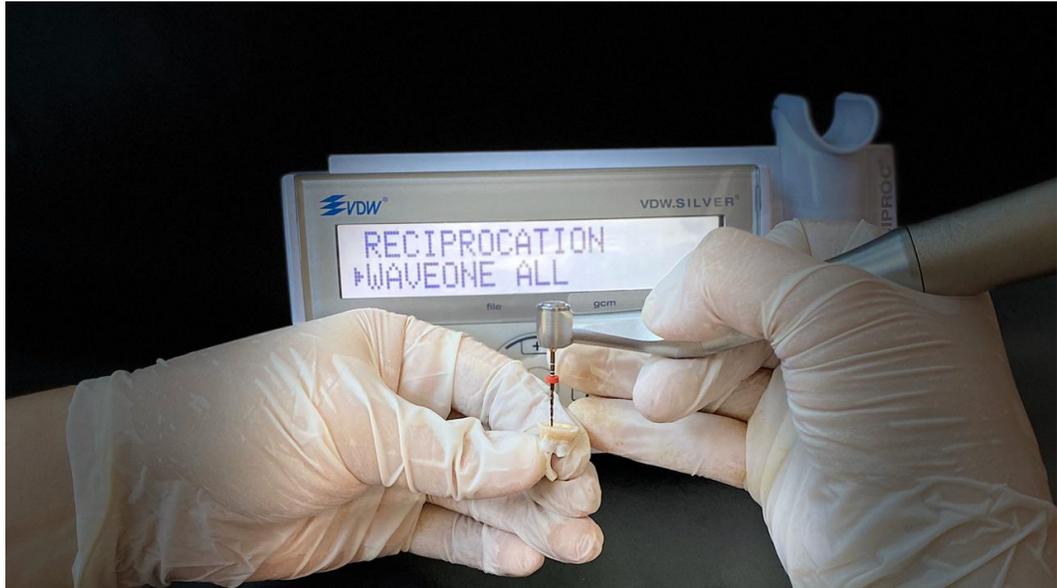
Lima WaveOne® y Motor VDW®



EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS
UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE® Y WAVEONE GOLD®

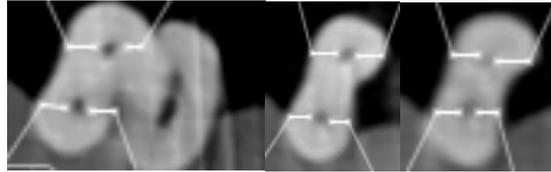


EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS
UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE® Y WAVEONE GOLD®

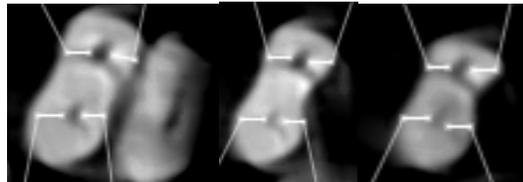


Lima WaveOne Gold® y Motor VDW®

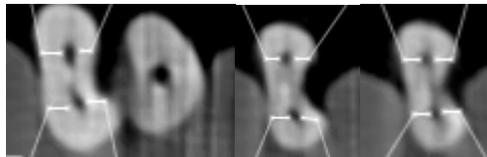
Imágenes de la Tomografía



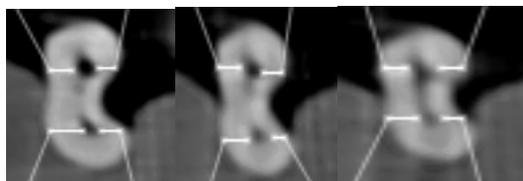
WaveOne[®] (Antes)(Cervical, Medio, Apical)



WaveOne[®] (Después) (Cervical, Medio, Apical)



WaveOne Gold[®] (Antes) (Cervical, Medio, Apical)



WaveOne Gold[®] (Después) (Cervical, Medio, Apical)

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS
 UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE® Y WAVEONE GOLD®

**Resultados de las mediciones
 Grupo WaveOne®**

Antes						
No. de Diente	Cervical		Medio		Apical	
	Ex	In	Ex	In	Ex	In
1	1.00	1.40	1.00	0.80	1.20	0.80
2	1.20	0.80	0.80	0.60	0.60	0.60
3	1.00	1.00	0.80	0.80	0.80	0.80
4	1.02	1.22	0.80	0.60	1.00	0.80
5	0.80	0.82	0.60	0.60	0.60	0.60
6	1.00	0.80	0.60	0.60	0.40	0.40
7	1.00	1.40	1.00	1.00	0.80	0.60
8	1.00	1.20	0.60	0.60	0.40	0.40
9	0.80	0.80	0.40	0.60	0.60	0.80
10	1.00	0.60	0.60	0.80	0.40	0.40
11	1.00	0.80	0.80	0.82	0.40	0.60
12	0.80	0.82	1.00	0.80	0.80	0.80
13	1.00	1.40	0.80	1.00	0.80	0.80
14	1.40	1.00	1.00	0.60	1.00	0.60
15	0.80	1.40	0.60	0.80	0.60	0.80
16	0.80	0.80	0.45	0.40	0.60	0.60
17	0.80	0.60	0.80	0.80	0.60	0.60
18	0.60	0.80	0.40	0.60	0.40	0.60
19	0.80	1.00	0.40	0.80	0.40	0.20
20	0.80	0.60	0.60	0.45	0.60	0.40

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS
 UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE[®] Y WAVEONE GOLD[®]

Después						
No. de Diente	Cervical		Medio		Apical	
	Ex	In	Ex	In	Ex	In
1	1.20	1.00	1.60	0.80	1.40	0.80
2	1.00	0.60	1.00	0.60	1.00	0.60
3	1.00	0.80	1.00	0.80	0.80	0.80
4	1.20	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
5	1.00	0.60	0.60	1.00	0.40	0.60
6	0.80	0.80	0.80	0.80	0.60	0.40
7	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00
8	0.80	0.80	0.80	0.80	0.60	0.60
9	0.80	0.80	0.60	0.60	0.80	0.60
10	1.00	1.00	0.60	0.80	0.40	0.40
11	0.80	1.20	0.60	1.20	0.40	0.60
12	1.40	0.80	1.20	0.80	0.80	0.80
13	1.20	1.40	1.00	1.20	0.80	0.80
14	1.20	0.80	1.20	0.40	0.60	0.60
15	0.80	0.80	0.60	0.80	0.40	0.40
16	1.00	0.80	1.00	0.60	0.60	0.60
17	1.00	0.60	1.00	0.80	0.60	1.00
18	0.80	1.20	0.60	0.80	0.60	0.40
19	1.00	1.00	0.80	0.80	0.40	0.20
20	0.80	0.80	0.40	0.40	0.60	0.60

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS
 UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE® Y WAVEONE GOLD®

Grupo A: Total (WaveOne®)						
No. de Diente	Cervical Ext	Cervical Int	Medio Ext	Medio Int	Apical Ext	Apical Int
1	(0.20)	0.40	(0.60)	0.00	(0.20)	0.00
2	0.20	0.20	(0.20)	0.00	(0.40)	0.00
3	0.00	0.20	(0.20)	0.00	0.00	0.00
4	(0.18)	0.42	0.00	(0.20)	0.20	0.00
5	(0.20)	0.22	0.00	(0.40)	0.20	0.00
6	0.20	0.00	(0.20)	(0.20)	(0.20)	0.00
7	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	(0.40)
8	0.20	0.40	(0.20)	(0.20)	(0.20)	(0.20)
9	0.00	0.00	(0.20)	0.00	(0.20)	0.20
10	0.00	(0.40)	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.20	(0.40)	0.20	(0.38)	0.00	0.00
12	(0.60)	0.02	(0.20)	0.00	0.00	0.00
13	(0.20)	0.00	(0.20)	(0.20)	0.00	0.00
14	0.20	0.20	(0.20)	0.20	0.40	0.00
15	0.00	0.60	0.00	0.00	0.20	0.40
16	(0.20)	0.00	(0.55)	(0.20)	0.00	0.00
17	(0.20)	0.00	(0.20)	0.00	0.00	(0.40)
18	(0.20)	(0.40)	(0.20)	(0.20)	(0.20)	0.20
19	(0.20)	0.00	(0.40)	0.00	0.00	0.00
20	0.00	(0.20)	0.20	0.05	0.00	(0.20)
Promedio	0.06	0.08	0.16	0.09	0.40	0.40
Desviacion Estandar	0.21	0.29	0.21	0.15	0.18	0.18

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS
 UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE® Y WAVEONE GOLD®

Grupo WaveOne Gold®

Antes						
No. de Diente	Cervical		Medio		Apical	
	Ex	In	Ex	In	Ex	In
1	0.80	0.60	0.80	0.60	0.60	0.60
2	1.22	1.20	1.00	0.80	0.80	0.80
3	1.20	0.80	0.80	0.80	0.40	0.40
4	1.00	1.00	0.60	0.80	0.80	0.60
5	0.80	0.80	0.60	0.40	0.60	0.40
6	1.00	0.80	0.60	0.60	0.40	0.40
7	1.40	1.20	1.00	1.00	0.80	0.60
8	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	0.80
9	0.60	0.80	1.00	0.80	0.60	0.80
10	0.80	1.00	0.80	0.80	0.40	0.40
11	0.80	0.80	0.60	0.60	0.60	0.80
12	1.22	1.00	1.00	0.80	1.00	0.80
13	0.60	0.60	0.80	0.60	0.60	0.40
14	0.60	1.00	0.80	1.00	0.60	1.00
15	0.80	1.00	0.80	1.00	0.80	0.80
16	0.60	1.41	0.80	1.22	1.60	1.60
17	1.00	0.60	0.80	0.60	0.60	0.60
18	1.20	1.00	0.80	0.60	0.80	0.40
19	0.60	0.60	0.63	0.40	0.20	0.60
20	0.80	1.00	0.80	0.80	0.60	0.60

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS
 UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE[®] Y WAVEONE GOLD[®]

Después						
No. de Diente	Cervical		Medio		Apical	
	Ex	In	Ex	In	Ex	In
1	1.00	0.80	1.00	0.80	0.40	0.60
2	1.40	1.00	1.40	1.00	1.20	1.00
3	1.00	0.60	0.60	0.60	0.40	0.40
4	0.60	0.82	0.60	0.60	0.80	0.60
5	0.60	0.60	0.80	0.80	0.60	0.60
6	0.60	0.80	0.60	0.80	0.80	0.60
7	1.00	1.00	0.80	0.80	0.80	0.80
8	1.40	1.00	1.40	1.00	1.40	1.20
9	0.80	1.22	0.80	1.02	0.60	0.80
10	0.60	0.80	0.80	0.40	0.60	0.60
11	1.20	1.00	1.00	0.60	0.80	0.60
12	1.20	0.80	1.00	0.60	0.80	0.60
13	0.60	0.80	0.40	0.60	0.80	0.40
14	0.80	0.80	0.60	1.00	0.60	0.40
15	1.00	1.00	0.60	1.02	1.20	0.80
16	1.00	1.40	1.41	1.40	1.22	1.20
17	1.20	0.80	1.00	0.60	0.60	0.40
18	1.40	1.20	0.80	0.80	0.40	0.60
19	0.63	0.40	0.60	0.40	0.20	0.60
20	1.00	0.80	0.80	0.60	0.40	0.60

EVALUACIÓN DE LA TRANSPORTACIÓN EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS
 UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE WAVEONE[®] Y WAVEONE GOLD[®]

Grupo B: Total (WaveOne Gold[®])						
No. de Diente	Cervical Ext	Cervical int	Medio Ext	Medio Int	Apical Ext	Apical Int
1	(0.20)	(0.20)	(0.20)	(0.20)	0.20	0.00
2	(0.18)	0.20	(0.40)	(0.20)	(0.40)	(0.20)
3	0.20	0.20	0.20	0.20	0.00	0.00
4	0.40	0.18	0.00	0.20	0.00	0.00
5	0.20	0.20	(0.20)	(0.40)	0.00	(0.20)
6	0.40	0.00	0.00	(0.20)	(0.40)	(0.20)
7	0.40	0.20	0.20	0.20	0.00	(0.20)
8	(0.40)	0.00	(0.40)	(0.20)	(0.40)	(0.40)
9	(0.20)	(0.42)	0.20	(0.22)	0.00	0.00
10	0.20	0.20	0.00	0.40	(0.20)	(0.20)
11	(0.40)	(0.20)	(0.40)	0.00	(0.20)	0.20
12	0.02	0.20	0.00	0.20	0.20	0.20
13	0.00	(0.20)	0.40	0.00	(0.20)	0.00
14	(0.20)	0.20	0.20	0.00	0.00	0.60
15	(0.20)	0.00	0.20	(0.02)	(0.40)	0.00
16	(0.40)	0.01	(0.61)	(0.18)	0.38	0.40
17	(0.20)	(0.20)	(0.20)	0.00	0.00	0.20
18	(0.20)	(0.20)	0.00	(0.20)	0.40	(0.20)
19	(0.03)	0.20	0.03	0.00	0.00	0.00
20	(0.20)	0.20	0.00	0.20	0.20	0.00
Promedio	-0.05	0.03	-0.05	-0.02	-0.04	0.00
Desviación Estándar	0.27	0.20	0.26	0.20	0.25	0.23