



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

TÉCNICA DE PREPARACIÓN DE CONDUCTOS CON EL
SISTEMA ROTATORIO MTWO® VDW, EN 3D.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N A D E N T I S T A

P R E S E N T A:

ALEJANDRA CORONA LÓPEZ

TUTOR: C.D. JOSÉ LUIS CORTÉS PARRA

ASESOR: C.D. GERARDO DANIEL MEDINA MORALES

MÉXICO, Cd. Mx.

2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Agradezco a Dios, por permitirme llegar a éste momento tan especial en mi vida, por los triunfos y momentos difíciles que me han dejado grandes enseñanzas.

De igual manera agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México, en especial a la Facultad de Odontología y a todos mis profesores por el aprendizaje y conocimientos que pude adquirir a lo largo de éste tiempo.

Agradezco y dedico éste trabajo a mis padres, Lucila Y. López Arreortúa y Gerardo Corona Camacho por ser pilares fundamentales en todo lo que soy, por apoyarme incondicionalmente día a día durante el transcurso de cada año de mi carrera profesional y ser los promotores de mis sueños. Gracias también por confiar, creer en mí y desear lo mejor para mi vida.

Gracias nuevamente a mis padres y a mi hermano Gerardo por los consejos y cada una de sus palabras que me guiaron hasta aquí, pero más que nada, por su amor.

A mis tías Martha, Leticia y a mi abuelita Yolanda, gracias de corazón por su apoyo y motivación.

Por otra parte, expreso mi gratitud a mi tutor, el Dr. José Luis Cortés Parra y a mi asesor, el Dr. Gerardo Daniel Medina Morales por sus conocimientos, orientación, paciencia, esfuerzo y dedicación que han sido fundamentales para mi formación y que éste trabajo se llevara a cabo.

Una vez más, GRACIAS.



ÍNDICE

Introducción.....	6
Objetivos.....	7
Antecedentes.....	8
Aleación Níquel – Titanio.....	8
Sistemas rotatorios y piezas de mano.....	9
1. Preparación de conductos radiculares.....	11
1.1. Principios básicos.....	11
1.2. Objetivos biológicos y mecánicos.....	12
1.2.1. Eliminación del contenido del conducto radicular.....	12
1.2.2. Preparación longitudinal.....	13
1.2.3. Preparación transversal.....	13
1.3. Técnica de preparación de conductos radiculares.....	14
2. Sistemas rotatorios.....	20
2.1. Principios.....	20
2.2. Movimientos de los sistemas de instrumentación mecanizada.....	26
2.2.1. Rotación horaria continua.....	26
2.2.2. Rotación recíproca asimétrica.....	26
2.2.3. Hibridación automática.....	27
3. Aleación Níquel – Titanio.....	27
3.1. Estructura.....	27
4. Aleación Níquel – Titanio M –Wire.....	29
5. Instrumentos rotatorios Níquel – Titanio.....	29



5.1.	Características y propiedades.....	30
5.1.1.	Superelasticidad.....	31
5.1.2.	Deformación plástica.....	31
5.1.3.	Fractura.....	32
5.1.3.1.	Fatiga por torsión.....	32
5.1.3.2.	Fatiga cíclica o de flexión.....	32
5.1.4.	Torque y velocidad.....	33
5.1.5.	Dureza.....	34
5.2.	Fabricación de instrumentos.....	35
5.2.1.	Torsión.....	35
5.2.2.	Desgaste.....	35
5.3.	Diseño del instrumento.....	36
5.3.1.	Conicidad.....	36
5.3.2.	Superficie radial o guía lateral de penetración.....	37
5.3.3.	Pitch.....	38
5.3.4.	Núcleo del instrumento.....	39
5.3.5.	Ángulo helicoidal.....	39
5.3.6.	Ángulo de incidencia.....	40
5.3.7.	Distribución de la masa metálica.....	41
5.3.8.	Diseño de la punta.....	42
5.3.9.	Área de escape.....	43
5.3.10.	Acabado superficial.....	44
5.4.	Ventajas de los instrumentos Níquel – Titanio.....	45
5.5.	Desventajas de los instrumentos Níquel – Titanio.....	45
6.	Sistemas sónicos y ultrasónicos.....	46
7.	Sistema rotatorio Mtwo® VDW.....	46
7.1.	Características de los instrumentos.....	48



7.1.1. Sección transversal.....	50
7.1.2. Ángulo de corte.....	51
7.1.3. Punta del instrumento.....	53
7.1.4. Ángulo helicoidal.....	53
7.1.5. Conicidad.....	54
7.1.6. Velocidad y torque.....	60
7.2. Secuencia de preparación de conductos radiculares.....	61
7.3. Instrumentos complementarios.....	66
7.3.1. Mtwo A®.....	66
7.3.2. Mtwo R®.....	67
7.4. Material para obturación.....	69
Discusión.....	71
Conclusiones.....	94
Referencias bibliográficas.....	95
Bibliografía de imágenes.....	97



INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de la preparación de conductos es la limpieza, desinfección y conformación del conducto radicular, en éste caso realizado mediante la instrumentación mecanizada que es complementada con la irrigación.

En la actualidad se han diseñado distintos instrumentos rotatorios fabricados con la aleación Níquel – Titanio, que para ser accionados utilizan motores eléctricos de baja velocidad logrando la limpieza y conformación de los conductos radiculares de manera eficaz favoreciendo posteriormente la obturación hermética y tridimensional de los conductos tratados.

Uno de los sistemas rotatorios de Níquel – Titanio es el sistema Mtwo®, el cual por sus características únicas facilita la instrumentación de conductos estrechos y curvos con el que se pretende evitar o reducir algunos de los errores operatorios realizados frecuentemente con otro tipo de instrumentos principalmente los manuales de acero inoxidable. Es de gran importancia el profundo conocimiento del sistema que se utiliza, así como tomar las debidas precauciones para cualquier problema que se presente en determinado caso.

El éxito terapéutico no está totalmente determinado por el tipo de instrumento empleado, por lo que deben seguirse ciertos principios básicos biológicos y mecánicos para realizar un buen tratamiento.



OBJETIVOS

- Conocer las características físicas, mecánicas y propiedades que poseen los instrumentos del sistema rotatorio Mtwo® para la preparación de conductos radiculares principalmente estrechos y curvos.
- Conocer la técnica de preparación de conductos radiculares con el sistema rotatorio Mtwo®.
- Diferenciar algunas ventajas y desventajas que tienen los instrumentos del sistema rotatorio Mtwo® sobre otros sistemas utilizados actualmente y evaluar su eficacia en la instrumentación.



ANTECEDENTES

ALEACIÓN NÍQUEL – TITANIO

A principios de 1960, William J. Buehler y Wang en el Naval Ordnance Laboratory descubrieron la propiedad de superelasticidad de la aleación níquel- titanio, también conocida como NITINOL. El nombre proviene de los elementos que forman la aleación, es decir, níquel - titanio y “N.O.L.” de Naval Ordnance Laboratory, en Silver Spring, EEUU, donde fue investigada y fabricada, principalmente para antenas de naves espaciales (NASA) ^{1, 3, 6}.

En 1971 Andreasen & Hilleman utilizaron la aleación níquel – titanio en Ortodoncia para la confección de alambres ortodónticos debido a sus características y propiedades ^{1, 4}.

En 1973, Civjan Huget De Simon sugirió la utilización de la aleación níquel – titanio para la fabricación de instrumentos endodónticos ¹.

En 1979 la aleación fué conocida en China como NITIALLOY, se fabricó con el 56% níquel y 44% titanio ¹.

Walia, Brantley y Gerstein en el año de 1988 realizaron la primera investigación acerca de ésta aleación en Endodoncia. El resultado fue que los instrumentos endodónticos manuales y rotatorios fabricados con Nitinol presentaron mayor resistencia a la corrosión. Se observó que la aleación níquel – titanio a comparación del acero inoxidable es más flexible y presenta una mayor resistencia a la fractura por fatiga torsional ^{1, 4, 6}.

Bishop & Dummer, 1997; Camargo, 2000; Carvalho, 2001; Coleman et al., 1997; Fabra Campos, Rodríguez Vallejo, 2001; Gambill et al., 1996; Griffiths, Bryant, Dummer, 2006; Delano, Trope, 2001; Royal & Donnelly, 1995; Serene, Adams, Saxen, 1995; Zmener & Balbachan, 1995; realizaron estudios comparando los instrumentos de acero inoxidable y de níquel – titanio,

comprobando la superioridad de éstos últimos al observar su efectividad en conductos radiculares curvos ¹.

SISTEMAS ROTATORIOS Y PIEZAS DE MANO

En 1964 se dió a conocer la pieza de mano Giromatic (Micro – Mega S.A., Besancon, Francia), siendo la precursora de la instrumentación rotatoria actual. Realizaba un movimiento de rotación horaria de 45° y antihoraria de la misma magnitud ^{1, 10}.

El sistema Dynatrac era un sistema de pieza de mano automatizado que utilizaba instrumentos de acero inoxidable accionadas mediante micromotor de aire ¹.

El Endocursor presentado en 1964, el M4 de Sybron/Kerr (Figura 1), EEUU y el Racer de W & H – Pfingst & Co. Inc., New York – EEUU en 1975, son otros ejemplos de los primeros sistemas rotatorios que surgieron en esa época, presentaban el mismo movimiento que el Giromatic pero se limitaban a los 30°, aunque todos los sistemas mencionados anteriormente sólo fueron utilizados en un breve periodo de tiempo debido a los efectos indeseables que provocaban como la fractura de instrumentos y por la falta de sensibilidad táctil que transmitían, se ocasionaba sobreinstrumentación y transportación del forámen apical ^{1, 7}.

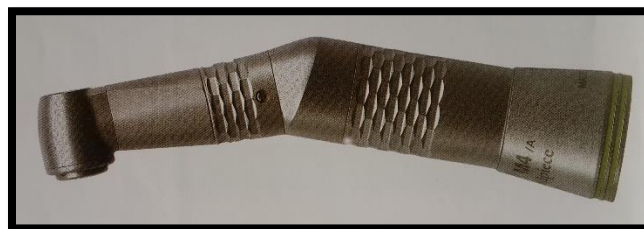


Figura 1. Contra-ángulo M4 ².

En 1985 surgió el sistema Canal Finder (Figura 2), que era un sistema de pieza de mano automatizado y considerado como de segunda generación, tratando de brindar mayor seguridad y rapidez del trabajo, sustituyendo así el trabajo manual realizando movimientos lineales con una rotación máxima de 30° ^{1, 7}.

Para éstos dispositivos fueron adaptados los instrumentos manuales cambiando el mango por un mandril obteniendo resultados poco satisfactorios ⁷.



Figura 2. Sistema Canal Finder ².



1. PREPARACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES.

La preparación biomecánica tiene como objetivo la eliminación de tejido pulpar, bacterias y restos necróticos del conducto radicular y la modificación de su morfología respetando la anatomía interna para que el conducto tenga una forma cónica al final de la instrumentación facilitando la irrigación, limpieza, desinfección y obturación hermética final. Debe mantenerse el diámetro y posición de la constricción y forámen apical ⁷.

Shilder hablaba de limpieza y conformación de los conductos radiculares de acuerdo con lo mencionado anteriormente. Tronstad hablaba de instrumentación quimiomecánica para referirse a la acción mecánica de los instrumentos junto con las soluciones irrigadoras ⁷.

La importancia de la fase de preparación del conducto radicular radica en el proceso de limpieza, desinfección y sellado endodóncico ³.

1.1. PRINCIPIOS BÁSICOS

- Evitar la transportación del conducto radicular manteniendo el forámen apical en su posición original y libre de acumulación de tejido pulpar o detritus ¹¹.
 - Se requiere verificar la permeabilidad del conducto utilizando limas manuales #10 o #15 sobrepasando de manera pasiva el forámen apical, repitiendo la acción después de utilizar cada instrumento rotatorio y previa irrigación del conducto ¹¹.
- Preparación y conformación del conducto especialmente en el tercio apical, según estudios, se debe trabajar en promedio hasta un diámetro de 0.35 – 0.40 para poder eliminar los microorganismos de ésta zona,



de lo contrario, al trabajar la porción apical a un menor diámetro, no serán eliminados por la preparación ni por irrigación ¹¹.

- Acceso directo hacia el tercio apical, sin que existan interferencias en el tercio medio y coronal, disminuyendo así los errores y riesgos operatorios ¹¹.

1.2. OBJETIVOS BIOLÓGICOS Y MECÁNICOS

Schilder adoptó el término “limpieza y modelado”, con lo que además de referirse a la preparación mecánica del conducto, también hace referencia a los principios biológicos e influencia sobre los tejidos ³.

Los parámetros biológicos y mecánicos abarcan la eliminación del contenido del conducto radicular, preparación longitudinal y preparación transversal ³.

Schilder señala los objetivos mecánicos de la preparación del conducto radicular:

1. Forma cónica divergente hacia cervical.
2. Preparación en el interior del conducto dentinario.
3. Mantener la forma original del conducto.
4. Mantener la posición del forámen apical ³.

1.2.1. ELIMINACIÓN DEL CONTENIDO DEL CONDUCTO RADICULAR

La limpieza incluye la eliminación del contenido del conducto radicular ya sea pulpa vital, necrótica o la eliminación de alguna obturación previa. La limpieza y desinfección se obtiene por el uso de instrumentos endodóncicos y sustancias químicas utilizadas como irrigantes o por la medicación



intraconducto para el control microbiano y debe realizarse en la misma sesión durante la eliminación del contenido del conducto ³.

En el tercio cervical existe mayor cantidad de tejido presente que en el tercio apical por lo que la preparación del conducto debe realizarse en dirección coronoapical ³.

1.2.2. PREPARACIÓN LONGITUDINAL

Se refiere a la regularización de las paredes del conducto en la longitud determinada creándose una forma cónica, extendiéndose a 1 mm antes del ápice radiográfico (CDC). El objetivo es contener el material de obturación y presentar un tope apical para evitar la extrusión. En la instrumentación con sistemas rotatorios, los instrumentos de Níquel – Titanio accionados con motor eléctrico siguen una rotación continua con velocidad baja y constante controlando el torque ³.

1.2.3. PREPARACIÓN TRANSVERSAL

La determinación del límite lateral de ampliación tiene por base la condición anatómica y patológica, la intensidad de curvatura del conducto, la sección transversal, la flexibilidad del instrumento y calibre ³.

Se requiere de una buena planeación para evitar los desgastes excesivos o insuficientes del conducto. Este ensanchamiento favorece la acción del irrigante, de los medicamentos intraconducto y la obturación hermética final ³.

1.3. TÉCNICA DE PREPARACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES.

- ❖ Valorar la dificultad del caso (curvaturas).
- ❖ Anestesia y aislamiento absoluto del campo con dique de hule.
- ❖ Acceso coronal y acceso cervical (Figuras 3 y 4).

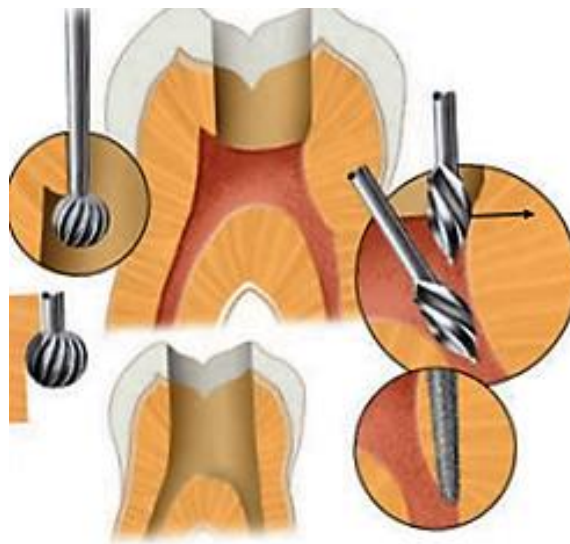


Figura 3. Acceso cameral y cervical ⁹.

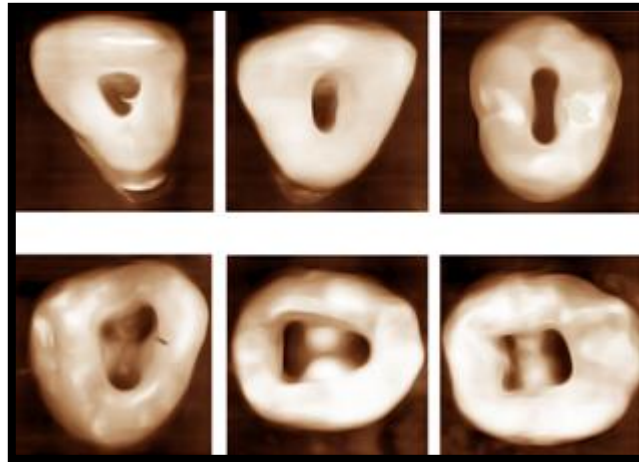


Figura 4. Acceso coronal de distintos dientes ¹⁰.

- ❖ Irrigación de la cámara pulpar con hipoclorito de sodio (NaOCl) del 2.5% al 5% y aspiración.
- ❖ Localización de la entrada del conducto radicular con el explorador endodóncico DG16 (figura 5).

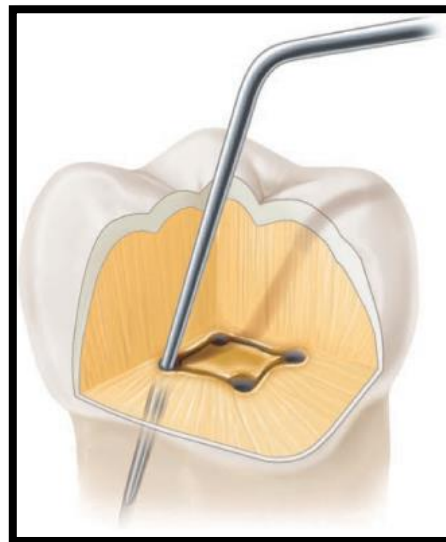


Figura 5. Uso del explorador DG16 para la localización de la entrada de los conductos ¹¹.

- ❖ Exploración de los conductos con instrumentos tipo K #8, #10 o #15 para verificar la permeabilidad de los conductos (Figura 6).



Figura 6. Permeabilización de los conductos radiculares ¹².

- ❖ Técnica coronoapical: Ensanchamiento del tercio cervical y medio del conducto con instrumentos manuales, fresas Gates Glidden o instrumentos rotatorios Ni – Ti. (Figura 7)



Figura 7. Ensanchamiento del tercio cervical y medio ¹³.

- ❖ Entre la utilización de cada instrumento, recapitular con un instrumento de pequeño calibre.
- ❖ Determinación de la longitud de trabajo real comprobándola con un localizador de forámen apical (Figura 8) y radiografía. (Figura 9).



Figura 8. Localizador de forámen apical ¹⁵.

Figura 9. Radiografía de longitud de trabajo ¹⁶.

- ❖ Tras el paso de un instrumento #10 o #15 se facilita el uso de instrumentos rotatorios disminuyendo fractura de éstos y transporte del forámen apical.
- ❖ Preparación del conducto con instrumentos rotatorios en la secuencia correcta dependiendo del sistema a utilizar alternando entre cada uno un instrumento #10 o #15 para facilitar el uso de los rotatorios. (Figura 10). En la mayoría de los sistemas rotatorios se trabaja a la longitud de trabajo real (Figura 11).

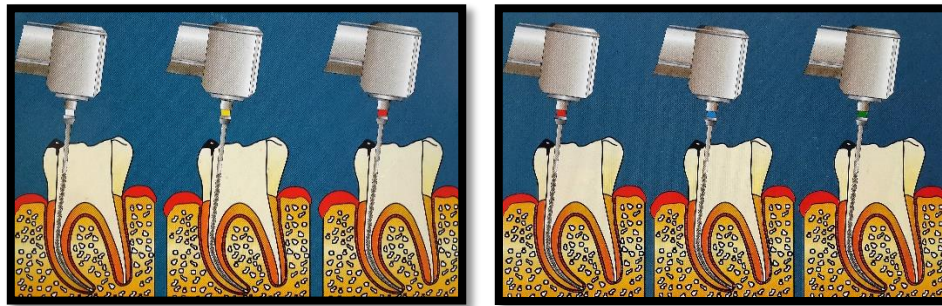


Figura 10. Secuencia de instrumentación con sistemas rotatorios ⁴.

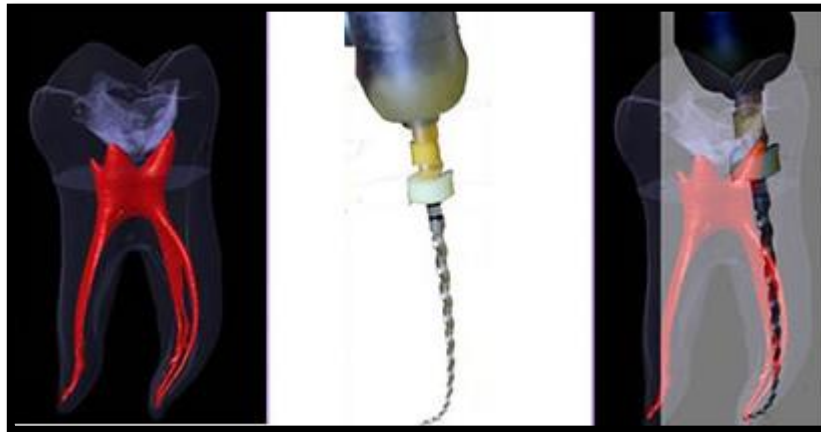


Figura 11. Instrumentación a la longitud de trabajo real ²¹.

- ❖ Utilizar un motor eléctrico (figura 12) para controlar el torque y velocidad (250 – 500 rpm) dependiendo del sistema rotatorio que se utilice.



Figura 12. Motor eléctrico²².

- ❖ El instrumento debe introducirse en el conducto girando y penetrar en dirección apical hasta encontrar resistencia realizando un movimiento lineal y sin presión. No mantener el instrumento girando en un mismo punto.
- ❖ En las técnicas de rotación horaria continua se requiere realizar recapitulación para facilitar el paso a los siguientes instrumentos.
- ❖ Irrigar frecuentemente y utilizar instrumentos para verificar la permeabilidad del conducto evitando su obstrucción. La irrigación influye en el tiempo de preparación, es decir, los sistemas rotatorios al realizar más rápido el tratamiento reducen también el tiempo efectivo para el irrigante por lo que es importante tomar en cuenta esto para lograr la limpieza y desinfección química.
- ❖ Si la curvatura es muy marcada en la zona de la constricción apical se debe de evaluar si está indicada la instrumentación rotatoria.

- ❖ Irrigación final con hipoclorito de sodio que será neutralizado con agua bidestilada o solución fisiológica. Posteriormente se utilizará la irrigación con EDTA con el objetivo de remover restos de tejido inorgánico finalizando la irrigación con agua bidestilada o solución fisiológica nuevamente (figura 13) ^{3, 7, 8, 9}.

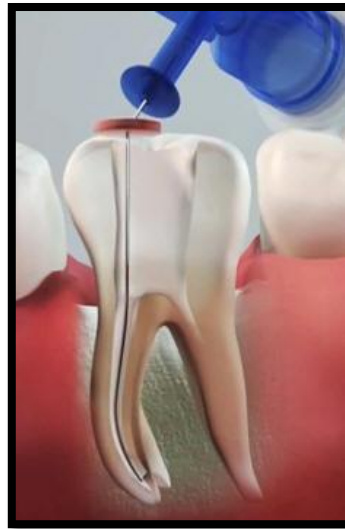


Figura 13. Irrigación del conducto radicular ¹⁸.

2. SISTEMAS ROTATORIOS

2.1. PRINCIPIOS

Son sistemas electromecánicos que accionan instrumentos níquel – titanio, permiten el perfeccionamiento y simplificación de la Endodoncia, representando así una “revolución en la técnica endodóncica” ya que muchas de las dificultades que se presentaban durante la instrumentación de conductos radiculares principalmente curvos y estrechos de molares, fueron minimizadas ¹.

Los instrumentos ProFile (Figura 14) fueron algunos de los primeros instrumentos rotatorios de la aleación Níquel – Titanio. Su forma está hecha por tres surcos en forma de “U” alrededor de un eje de alambre cónico de Ni – Ti. En su diseño, una zona permanece sin afilar obteniendo un área radial segura. Ésta área plana evita que el instrumento se frene en la dentina mientras corta de forma pasiva ¹.

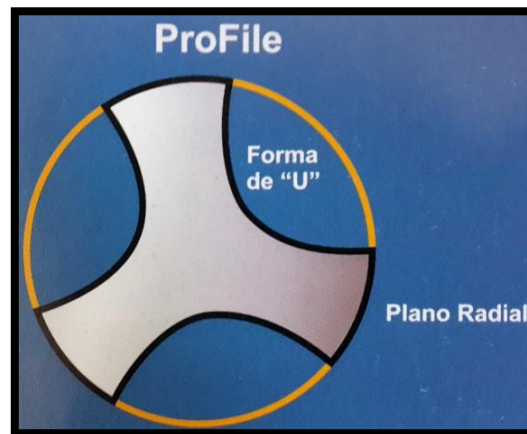


Figura 14. Sección transversal de un instrumento ProFile ⁴.

La limpieza, remoción del contenido séptico, restos orgánicos y limalla hacia la cámara pulpar es consecuencia de la introducción de las limas accionadas a motor en el interior del conducto radicular, girando 360° en sentido horario a velocidad constante y en sentido corono-apical para evitar riesgo de agudizaciones periapicales ¹.

Otro de los principios fundamentales es no presionar la lima en sentido apical, con esto se genera mayor comodidad para el paciente y disminuye el dolor postoperatorio ¹.

Los instrumentos endodóncicos fabricados con ésta aleación deben trabajar a una velocidad extremadamente baja (150 – 350 rpm) ⁴.



Es importante tomar en cuenta varios aspectos al trabajar con sistemas rotatorios para la preparación de conductos, como son:

- Radiografía para diagnóstico.

Nos permite visualizar la anatomía interna del diente a tratar, la presencia y extensión de caries, así como lesiones periapicales. Su importancia radica en poder realizar un acceso recto y directo a los conductos radiculares conociendo las condiciones en las que se encuentra el diente, además de elegir el sistema rotatorio ideal y técnica a utilizar.

La dificultad del caso lo determinará la complejidad anatómica del conducto radicular, por lo que deben prevenirse los accidentes frecuentes al utilizar éstos sistemas como son: fractura del instrumento, transportación del forámen apical o perforaciones ¹.

- Exploración del conducto radicular

Antes de utilizar instrumentos rotatorios Ni- Ti, se deben explorar los conductos con una lima tipo k manual (# 10 ó # 15 de acero inoxidable) que permitirá al operador la sensación táctil del conducto radicular y junto con el análisis radiográfico, nos permite memorizar la anatomía de éste ¹.

- Variación de la conicidad.

Tercio cervical: se utilizan instrumentos de gran conicidad como 0.08, 0.10 y 0.12. obteniendo así un mejor acceso al tercio medio y apical y en dirección corona – ápice ¹.



Tercio medio: se emplean instrumentos con conicidad de 0.06 a 0.02 mm siguiendo la preparación en sentido corona – ápice. Entre cada instrumento que trabaja en el conducto radicular, se debe realizar una irrigación con hipoclorito de sodio y una buena aspiración¹.

Tercio apical: se indican instrumentos de conicidad y D1 pequeños. No se debe ejercer presión sobre ésta área ya que pueden ocurrir fracturas del instrumento, perforaciones, desvíos o escalones. Generalmente se utilizan instrumentos con conicidad de 0.02 mm (25/0.02, 20/0.02, 15/0.02) en dirección corona/ápice, y al llegar a la longitud de trabajo real determina la conformación del tope apical ¹.

- Variación de los tercios

Los instrumentos trabajan específicamente en cada uno de los tercios del conducto radicular ¹.

- Cinemática de movimiento

Los instrumentos deben ser guiados por sí mismos, deben entrar y salir girando del conducto, no deben presionarse en sentido apical, ni quedarse en un solo punto ya que se provocará estrés en el instrumento y como consecuencia su fractura. Se realiza un movimiento llamado “pecking motion” (picoteo) o progresión y alivio, es decir, el instrumento penetra de 1 a 2 mm y el alivio es de 1 a 3 mm, posteriormente se repite la acción en sentido corona – ápice. El uso de cada instrumento es de 5 a 10 segundos.

Se puede hacer uso de instrumentos manuales cuando se encuentra resistencia en el conducto o son demasiado curvos ^{1, 5, 8}.



- Repetición de la técnica

Al encontrarse con conductos muy curvos o estrechos, se deben utilizar instrumentos de menor calibre que han sido empleados previamente o realizar una recapitulación para poder alcanzar la longitud de trabajo real ¹.

- Velocidad

Los motores de aire están contraindicados en éstas situaciones ya que la velocidad y el torque no se puede controlar. Están indicados los motores eléctricos en los cuáles se ajusta la velocidad y torque de diversos sistemas rotatorios ¹.

La velocidad de rotación debe ser baja y constante ya que las variaciones de velocidad provocan tensión torsional del instrumento propiciando su fatiga y fractura ^{1, 5}.

- Torque

Es la medida de la tendencia de una fuerza para producir rotación (fuerza necesaria para hacer girar un instrumento). Se debe utilizar un menor torque para instrumentos con poca conicidad y pequeño D1 ¹.

- Presión

Se define como la fuerza física por unidad de área. Al ser mayor el área de contacto del instrumento con las paredes dentinarias se generará una presión mayor y visceversa, además de aumentar el riesgo de



fractura del instrumento. Cuando un instrumento presenta mayor capacidad de corte produce menos fricción contra las paredes del conducto ^{1, 5}.

Características y particularidades de los instrumentos y la instrumentación.

- Diseño que favorece la capacidad de corte con menor torque.
 - La fatiga de un instrumento es inversamente proporcional a su diámetro.
 - La fatiga aumenta con el número de rotaciones y curvatura del conducto radicular.
 - Al tener más espirales el instrumento requiere de un mayor torque y hay más puntos de concentración de estrés aumentando también la tendencia a atornillarse en el conducto.
 - Mayor eficiencia al tener un plano de contacto menor entre el instrumento y el conducto.
 - Al tener menos espirales, el instrumento es más rígido, pero resiste a la deformación y presenta mayor capacidad de corte en sus superficies ¹.
- Limpieza del instrumento de Ni – Ti

Se recomienda su limpieza con una gasa humedecida en alcohol o la utilización de un Clean Stand con una gasa humedecida en hipoclorito de sodio.

Según Randall y Goodreen, en 1995 afirman que los instrumentos rotatorios de Ni – Ti no son más susceptibles a la fractura al ser expuestos a soluciones como el hipoclorito de sodio.



Al término de su uso, se realiza una limpieza mecánica y se emplean aparatos ultrasónicos. La esterilización química está contraindicada ¹.

- Fractura

Los instrumentos Ni – Ti no presentan defectos visibles en su estructura, por lo cual la fractura puede presentarse en cualquier momento ¹.

2.2. MOVIMIENTOS DE LOS SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN MECANIZADA.

2.2.1. ROTACIÓN HORARIA CONTINUA

Los instrumentos se colocan en motores o contraángulos que realizan movimientos en sentido horario. Principalmente se colocan en piezas de mano reductoras a baja velocidad, entre 250 y 300 rpm según el instrumento, ya que actualmente algunos de éstos instrumentos se pueden trabajar a 400 – 500 rpm ⁷.

Se puede ajustar el torque deseado de acuerdo al instrumento que se va a utilizar. Cuando el instrumento experimenta una fuerza de torsión superior a la programada, el motor cambia de sentido de giro para disminuir el riesgo de fractura ⁷.

2.2.2. ROTACIÓN RECÍPROCA ASIMÉTRICA.

En el año 2008, Yared propuso preparar el conducto radicular con un solo instrumento (Pro Taper F2) utilizando un motor que realizaba un giro recíproco asimétrico con un ángulo de giro superior en movimiento horario y uno menor en sentido antihorario. Éste movimiento disminuye el efecto de enroscado o



atornillamiento de los instrumentos previniendo una fractura ya que avanza el sentido de corte y después se destraban las hojas de corte ^{5,7}.

Uno de los efectos en la instrumentación podría ser la pérdida de la longitud de trabajo debido al uso de un instrumento único para la preparación de conductos además del aumento de barrillo dentinario por la reversión del movimiento del instrumento ⁵.

De Deus y cols. demostraron que un instrumento en rotación recíproca asimétrica posee mayor resistencia a la fatiga cíclica a comparación de la rotación horaria continua, sin mayor extrusión de residuos a través del forámen apical ⁷.

2.2.3. HIBRIDACIÓN AUTOMÁTICA

Una variante de éstos dos movimientos de los sistemas rotatorios, es la hibridación automática, es decir, el instrumento presenta un movimiento de rotación normal para realizar la preparación del conducto, pero en cuanto en el instrumento se percibe una carga mayor, cambia el movimiento a recíprocante para disminuir o evitar su fractura ^{1,4}.

3. ALEACIÓN NÍQUEL – TITANIO

3.1. ESTRUCTURA

Ésta aleación existe como dos estructuras cristalinas dependientes de la temperatura o esfuerzo ⁸.

Las 2 fases o estructuras cristalinas son:

- Fase de austenita – Instrumento de Ni – Ti en reposo. El material es rígido y duro ^{1,8}.

- Fase de martensita – Instrumento en movimiento rotatorio. El material es dúctil, blando y puede deformarse con facilidad ^{1, 6, 8}.

La transformación de la fase austenita a la martensita se produce al aplicar estrés externo al instrumento (presión o temperatura constante por encima de los 100°). Al iniciarse ésta transformación, aumenta la fragilidad del instrumento y puede llegar a fracturarse. Al liberarse el estrés externo el instrumento regresa a su forma original ^{7, 8, 9}.

La aleación Níquel – Titanio puede presentar otra forma distinta llamada martensita inducida por esfuerzo (superelástica) en la cual se caracteriza por su alta elasticidad como caucho ⁸.

Es necesario controlar el estrés del instrumento utilizando una velocidad constante (rpm) y ligera presión apical. Esto puede explicarse de manera gráfica ya que los instrumentos trabajarán en la parte horizontal de la curva estrés/tensión señalada en la gráfica mostrando pequeñas fases de restauración y ninguna deformación plástica (Figura 15) ⁸.

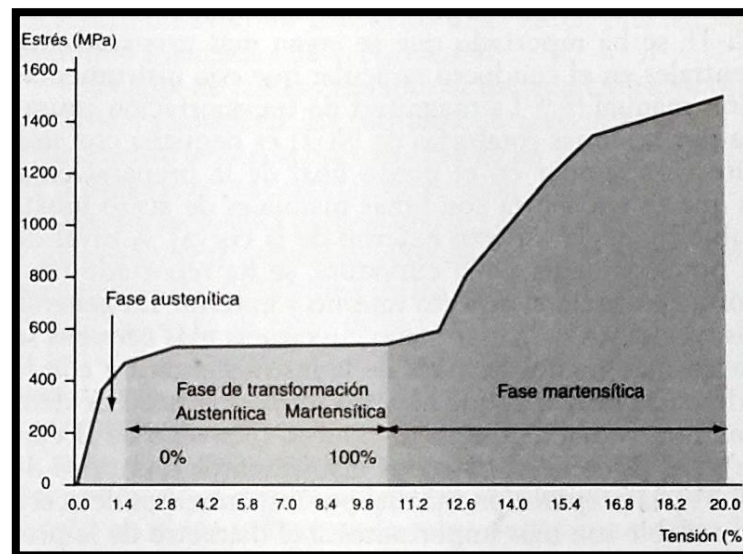


Figura 15. Curva de la fuerza ténsil de la aleación Níquel – Titanio ⁷.



4. ALEACIÓN NÍQUEL - TITANIO M – WIRE (Sportwire)

Ésta aleación es sometida a un tratamiento térmico y torsional que mejora sus propiedades físicas (instrumentos fabricados por Dentsply) ^{7, 10}.

Los instrumentos fabricados con ésta aleación poseen una mayor resistencia a la fractura, son más flexibles y resistentes a la fractura cíclica ⁷.

En la superficie de los instrumentos se implantan iones de titanio, formando una capa de nitruro de titanio dando como resultado un incremento en la capacidad de corte y resistencia al desgaste. El electropulido de la superficie de los instrumentos incrementa su resistencia a la fractura por torsión ⁷.

5. INSTRUMENTOS ROTATORIOS NÍQUEL – TITANIO

Generalmente los instrumentos fabricados con ésta aleación poseen en su composición **55%** - 60% níquel que confiere resistencia al instrumento y 40% - **45%** titanio dando flexibilidad a éste ^{3, 9}.

En algunas ocasiones se sustituye algo de Ni con menos del 2% de peso de Co ⁸.

Éstos instrumentos siguen las especificaciones indicadas por la ISO/FDI y/o ANSI/ADA (American National Standards Institute) ^{1, 8}.

Los instrumentos presentan alteraciones en la conformación de su parte activa comparadas con las estandarizadas ¹.

La Organización Internacional de Estandarización (ISO; International Organization for Standardization) y la Federación Dental Internacional (FDI) clasifican a los instrumentos endodóncicos en 4 grupos:

- Grupo I: instrumentos manuales.
- Grupo II: instrumentos con diseño similar al grupo I pero se adaptan a una pieza de mano, es decir, son accionados mediante un motor y se utilizan sólo para el tercio cervical del conducto.
- **Grupo III: instrumentos de baja velocidad accionados mediante motor. (Figura 16)**
- Grupo IV: instrumentos y material para obturación.
- Grupo V: instrumentos reciprocantes accionados con motor.
- Grupo VI: instrumentos ultrasónicos ^{6, 7, 9}.

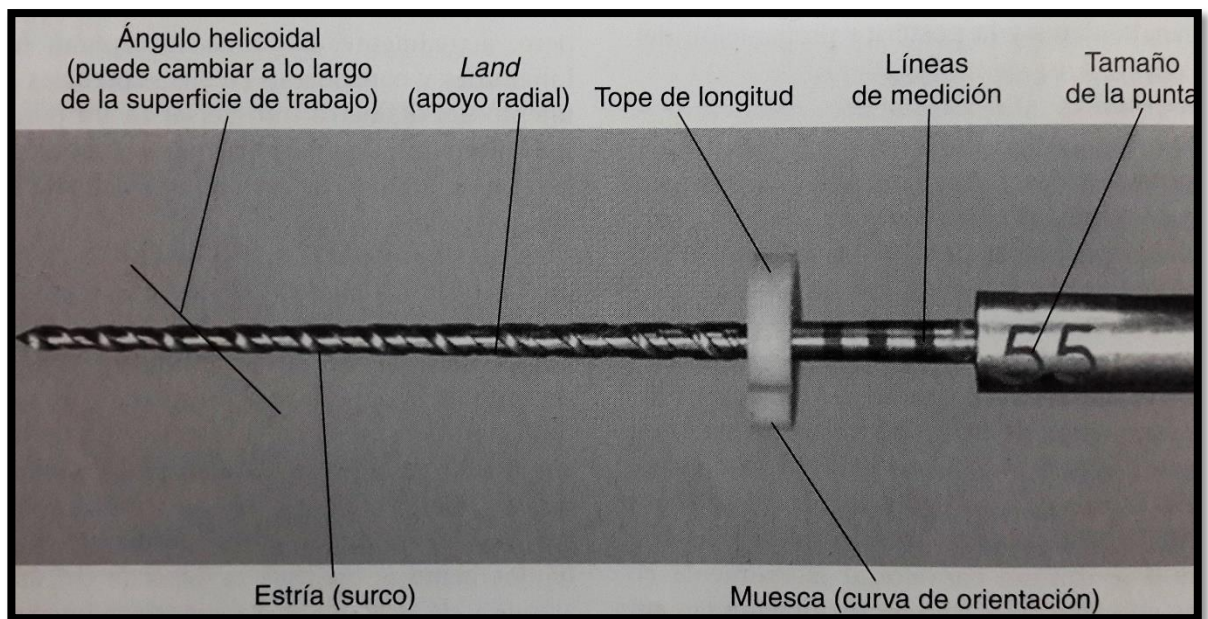


Figura 16. Instrumento rotatorio ⁶.

5.1. CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES

- Flexibilidad.
- Resistencia a la deformación plástica.
- Resistencia a la fractura torsional ^{1, 6, 7}.



- Compatibilidad biológica.
- Alta resistencia a la corrosión.
- Torsión inalterada por procedimientos de esterilización ¹.
- Superelasticidad ^{1, 3, 9}.
- Efecto memoria de forma ^{3, 7, 9}.
- Dureza superior a la de la dentina.
- Rigidez ⁵.
- Punta no cortante ⁶.

5.1.1. SUPERELASTICIDAD

Es la capacidad que tiene la aleación de retornar a su forma original después de retirar alguna acción, fuerza o deformación ¹.

Los instrumentos Ni – Ti retornan a su estado inicial al ser sometidas a una deformación de hasta el 10%, en cambio los instrumentos de acero inoxidable sólo el 1% ¹.

El precurvado de las limas es innecesario debido a su flexibilidad, siguiendo así la trayectoria del conducto por su superelasticidad y evitando la transportación del forámen apical ^{1, 6}.

El uso de los instrumentos Níquel – Titanio en conductos curvos es indicada por la menor fuerza lateral ejercida ⁸.

5.1.2. DEFORMACIÓN PLÁSTICA

Propiedad que posee la aleación de sufrir una deformación permanente en su estructura pero sin fracturarse ¹.



Sattapan et al., afirma que los instrumentos de níquel – titanio pueden fracturarse aún sin defectos visibles, por lo que la inspección no es un método seguro para su valoración ¹.

5.1.3. FRACTURA

5.1.3.1. FATIGA POR TORSIÓN

La punta o alguna parte del instrumento queda inmovilizada dentro del conducto radicular mientras su eje continúa en rotación rebasando el límite elástico, provocando una deformación plástica con la consecuente fractura del instrumento ^{1,3}.

Los instrumentos de Ni – Ti poseen 3 veces mayor resistencia a la torsión que el acero inoxidable ⁴.

5.1.3.2. FATIGA CÍCLICA O DE FLEXIÓN

El instrumento gira en el conducto radicular curvo, por lo que en la zona de la curvatura acentuada se crea estrés o tensión del instrumento, la mitad del eje del instrumento en el exterior de la curvatura está en tensión y el interior en compresión, a partir de media vuelta del instrumento dentro del conducto, las partes del instrumento se invierten, lo que estaba contraído se distiende y lo distendido se contrae, produciéndose este efecto dos veces en una vuelta, 600 veces por minuto en una velocidad de 300 rpm como consecuencia se producirá la fractura del instrumento ya que alcanza el límite de fatiga cíclica. Tal efecto es acumulativo y debe considerarse si será utilizado en otro conducto ^{1, 3, 4, 9}.

Una posible solución a éste problema, es utilizar motores de bajo torque para que no superen los límites de elasticidad de los instrumentos, además de que



las rotaciones del instrumento sean de manera uniforme, constante y realizar movimientos de progresión y alivio durante la preparación del conducto radicular, es decir, no se debe ejercer presión, ni hacer que el instrumento gire durante mucho tiempo en el mismo punto y no modificar bruscamente la velocidad o sentido de giro ^{1,7}.

El electropulido de la superficie de los instrumentos es de gran importancia ya que si no se realiza este tratamiento, suelen permanecer imperfecciones como marcas de fresado que dan acceso a sustancias corrosivas como NaOCl y se forman microdefectos que después se traducen en fracturas de los instrumentos ⁹.

Otro punto importante a considerar para evitar el riesgo de posibles fracturas es seguir los principios de preparación biomecánica del conducto radicular al utilizar los instrumentos rotatorios en sentido corona – ápice sin presión, (*Crown – down pressurless technique*) ¹.

5.1.4. TORQUE Y VELOCIDAD

Torque: Fuerza ejercida por el motor con la finalidad de mantener una velocidad constante, relacionándose directamente con la atrición de la lima en la pared del conducto. Variando entre 0,1 N. cm a 35 N. cm ^{1,4}.

Velocidad: Rapidez con la que gira el instrumento rotatorio. Debe ser regulada en el motor eléctrico y es especificada por el fabricante dependiendo del sistema rotatorio a utilizar ⁸.

Todos los sistemas rotatorios de Níquel – Titanio tienen un rango límite de velocidad (rpm) y torque (N.cm²) por cada uno de los instrumentos. Valores por encima de la torsión permitida provoca deformación plástica y fractura del instrumento. Si el ajuste del torque es demasiado bajo, el instrumento deja de cortar ⁸.



Una velocidad demasiado alta aumenta la rigidez del eje del instrumento y por ésta razón se requiere de una velocidad relativamente baja para la instrumentación de conductos curvos ⁸.

Una velocidad más alta consume la vida útil del instrumento más rápido que una baja velocidad ⁸.

Cuando dos conductos tienen el mismo grado o ángulo de curvatura pero un radio diferente, el que tiene el radio más pequeño tiene la curvatura más marcada del conducto y requiere un mayor torque en el instrumento ⁸.

Easy Endo[®], Triauto ZX[®] o Art Tecnika[®] de Dentsply Maillefer y el Driller[®] (Endoplus[®]) son aparatos que controlan el torque automáticamente evitando la fractura de instrumentos ¹.

5.1.5. DUREZA

Resistencia que presenta un cuerpo al ser rayado. La dureza de los instrumentos debe ser mayor a la de la dentina, logrando así el trabajo biomecánico, ensanchando el conducto radicular ¹.

La dureza de los instrumentos de níquel – titanio es menor que la de los instrumentos de acero inoxidable. La superficie de los instrumentos Ni – Ti no es homogénea, por lo que Serene y cols. afirmaron que los bordes cortantes son más blandos que el centro del instrumento ⁸.

Cabe mencionar que las limas manuales fabricadas de acero inoxidable al tener buenas propiedades, son insustituibles y las más utilizadas ya que ofrecen resistencia a la fractura, no se oxidan, permiten la torsión incluso si son de pequeño calibre, se pueden pre-curvar para evitar transportaciones de los conductos radiculares y debido a su dureza son relativamente rígidos permitiendo explorar conductos estrechos y curvos, siendo una desventaja su

poca flexibilidad, lo que no permite rotaciones de 360° dentro del conducto radicular ¹.

5.2. FABRICACIÓN DE INSTRUMENTOS

5.2.1. TORSIÓN

La aleación níquel – titanio en fase de austenita es sometida a un tratamiento térmico de calentamiento y enfriamiento hasta alcanzar la fase R o romboédrica, previa a la fase de martensita, en ésta fase los instrumentos se pueden torsionar. Posterior a la torsión, el instrumento se somete a cambio térmicos para transformar de nuevo la aleación a la fase cristalográfica de austenita ⁷.

El asta metálica con determinada sección transversal triangular o cuadrangular es tomada de un extremo y es rotada hacia la izquierda generando hélices de derecha a izquierda. (Figura 17) ^{3,4}.

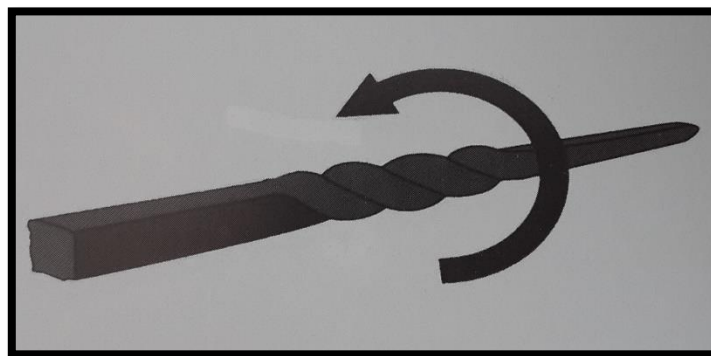


Figura 17. Torsión del asta metálica ³.

5.2.2. DESGASTE

El asta metálica de sección transversal recta circular es sometida al corte con fresas con sentido helicoidal de derecha a izquierda.(Figura 18) ^{3,4}.

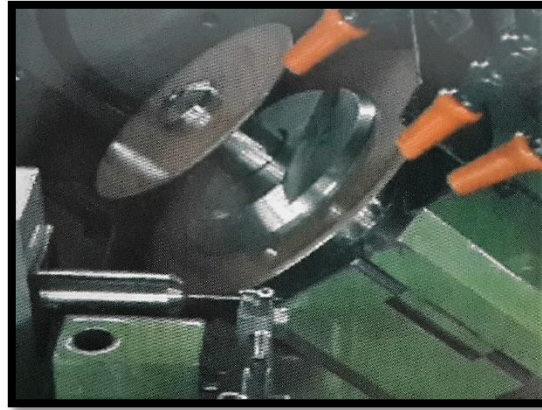


Figura 18. Desgaste del asta metálica ³.

El proceso de fabricación de los instrumentos Ni – Ti debilita su estructura cristalina, además de presentar defectos en su superficie propiciando menor resistencia y pérdida de corte ¹.

El níquel – titanio en su fabricación se presenta como una aleación de color oscuro. Posteriormente se presentan el color plateado debido a un tratamiento electrolítico superficial de la aleación con el fin de eliminar impurezas obteniendo mayor biocompatibilidad y eficacia de corte ⁴.

5.3. DISEÑO DEL INSTRUMENTO

5.3.1. CONICIDAD

Es la medida de aumento de diámetro del instrumento por cada milímetro a lo largo de la parte activa ^{1,9}.

Los instrumentos rotatorios Ni - Ti presentan mayor conicidad y mayores diámetros ¹.

Presentan mayor conicidad, ésta va aumentando por milímetro de longitud de la parte activa desde la punta hacia su base (0,03 – 0,04 – 0,05 – 0,06 – 0,08

– 0,10 y 0,12 mm por milímetro de longitud), de manera que sólo una parte de la lima está en contacto con la pared dentinaria del conducto radicular ejerciendo un desgaste más efectivo por acción de ensanchamiento ¹.

El principal objetivo es eliminar la constricción dentaria cervical, permitiendo así que los instrumentos de menor conicidad penetren posteriormente sin obstáculos para la preparación del tercio apical ^{1, 4}.

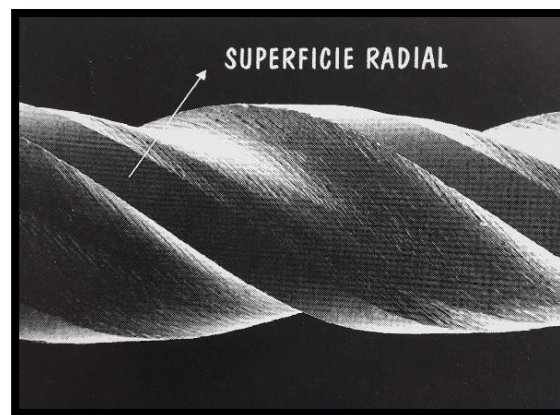
El resultado será una conformación cónica en sentido corona – ápice que nos permitirá una eficaz irrigación y una obturación más hermética ¹.

Surge una controversia debido a la eliminación innecesaria de dentina con las conicidades crecientes de los instrumentos ⁶.

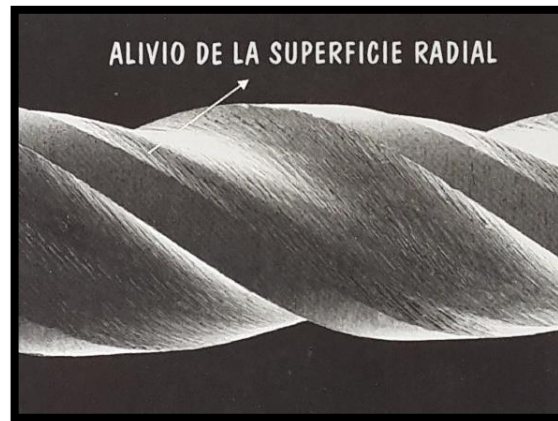
5.3.2. SUPERFICIE RADIAL O GUÍA LATERAL DE PENETRACIÓN (RADIAL LAND)

Es un plano de contacto que poseen los instrumentos rotatorios Ni – Ti contra la pared del conducto radicular, permitiendo que el instrumento gire y se deslice libremente por las paredes dentinarias ensanchando el conducto, no limándolo, evitando la fractura. Tienden a mantener la preparación más centralizada (Figura 19A y 19B) ^{1, 5}.

A comparación de los instrumentos de acero inoxidable, éstos poseen un ángulo de corte que evita que giren al ser presionados hacia el ápice ¹.



19A.



19B.

Figura 19. A. Superficie radial del instrumento. B. Alivio de la superficie radial del instrumento ².

5.3.3. PITCH

Distancia entre un punto de la arista de corte y otro punto en las aristas de corte adyacentes. Al ser más pequeño el paso de rosca, el instrumento tendrá más espirales y el ángulo helicoidal será mayor (Figura 20) ⁶.

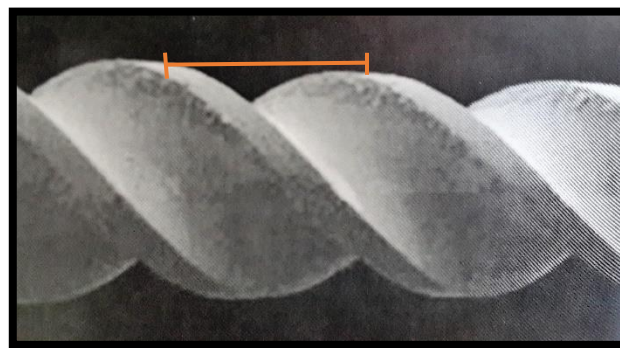


Figura 20. Pitch de un instrumento rotatorio ⁵.



5.3.4. NÚCLEO DEL INSTRUMENTO

Parte central cilíndrica del instrumento que está contorneada y limitada por la profundidad de las estrías en toda su circunferencia. Es de gran importancia ya que determina la flexibilidad y resistencia a la torsión del instrumento ⁶.

5.3.5. ÁNGULO HELICOIDAL

Es el ángulo formado por la superficie cortante y una línea perpendicular al eje longitudinal del instrumento. Su importancia es importante para la eficacia de corte (Figura 21) ^{1, 6}.

Si el ángulo es mayor, habrá mayor desgaste de la dentina, utilizando una velocidad constante. Al ser el ángulo mayor a 45° o un ángulo constante hay riesgo de que se atasque o se enrosque en las paredes del conducto radicular, fracturándose el instrumento ^{1, 5}.

Cuando el ángulo es menor, con una misma velocidad, el instrumento deberá actuar mayor tiempo para obtener un desgaste eficiente ¹.

Los instrumentos rotatorios generalmente presentan 35° aproximadamente en su ángulo helicoidal ¹.

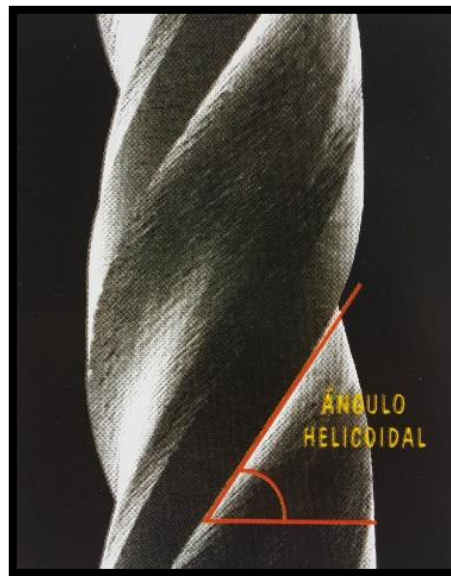


Figura 21. Ángulo helicoidal ².

5.3.6. ÁNGULO DE INCIDENCIA

Es aquel formado por la arista de corte y el eje largo del instrumento (Figura 22). Si el ángulo formado por la arista de corte y la superficie a ser cortada es obtuso, el ángulo es positivo y si el ángulo es agudo, el ángulo de corte es negativo (Figura 23) ⁶.

Puede ser medido también por la arista cortante y el radio del instrumento al ser seccionado transversalmente ⁶.

En la mayoría de los instrumentos rotatorios tienen un ángulo ligeramente negativo o neutral ⁸.

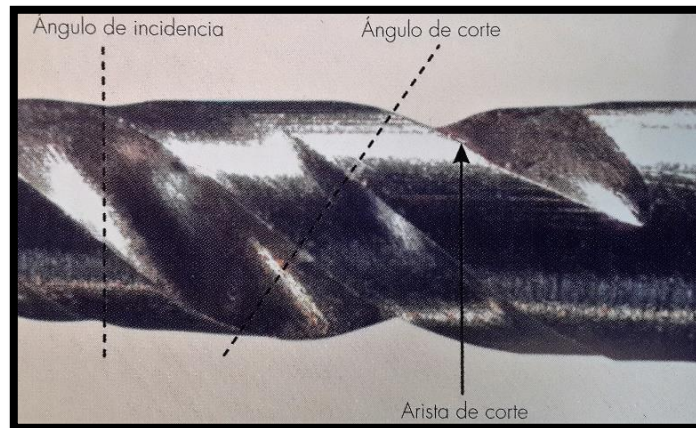


Figura 22. Ángulo de incidencia ⁵.

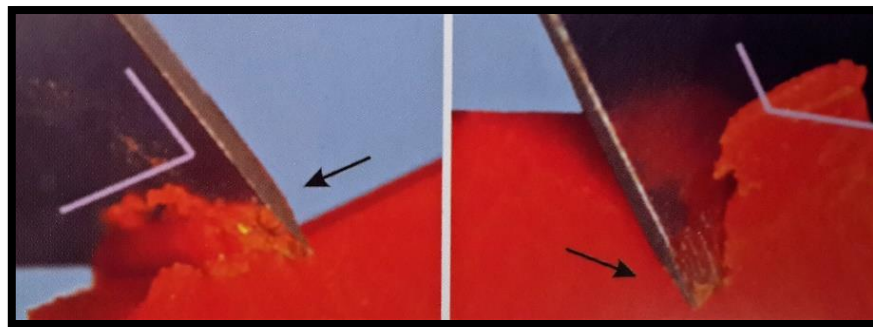


Figura 23. Ángulo negativo, acción rasgadora (izquierda), ángulo positivo, acción cortante (derecha) ⁵.

5.3.7. DISTRIBUCIÓN DE LA MASA METÁLICA

El instrumento rotatorio de Ni – Ti se adapta a la forma del conducto radicular debido a que su sección transversal no es homogénea, por lo que distribuye mejor las fuerzas hacia las paredes del conducto y hacia él mismo (Figura 24) ¹.

Con esto se desgasta la pared dentinaria en toda su extensión ¹.

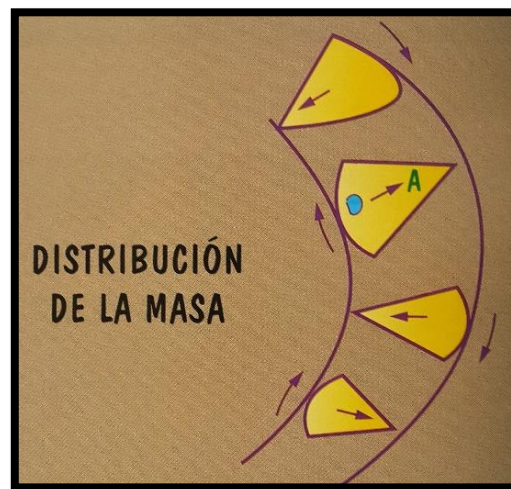


Figura 24. Distribución de la masa metálica del instrumento dentro del conducto radicular ².

5.3.8. DISEÑO DE LA PUNTA

Pueden presentar punta activa, aunque generalmente poseen punta inactiva o no cortante, (Roane o Batt) (Figura 25)^{1, 6}.

El ángulo de transición entre la punta y el cuerpo del instrumento es grande, por lo que generalmente el instrumento no se desvía del conducto radicular ¹.

Sólo algunos instrumentos poseen punta activa, utilizada para conductos estrechos o cuando existen áreas de calcificación, con el riesgo de transportación del forámen apical ¹.

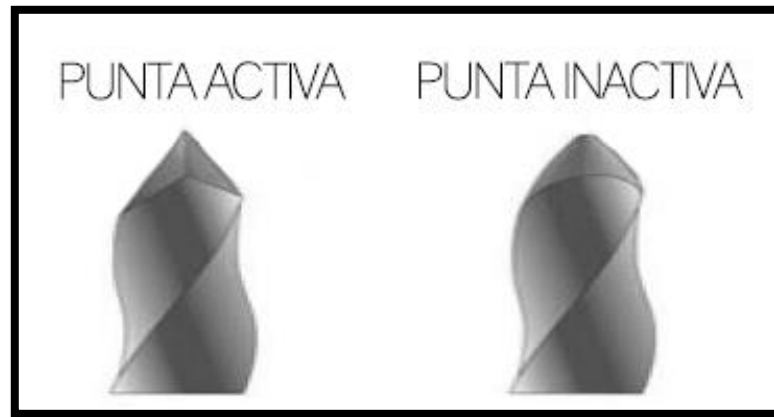
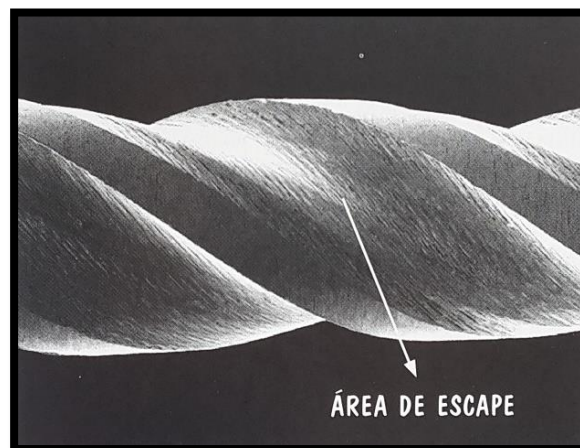


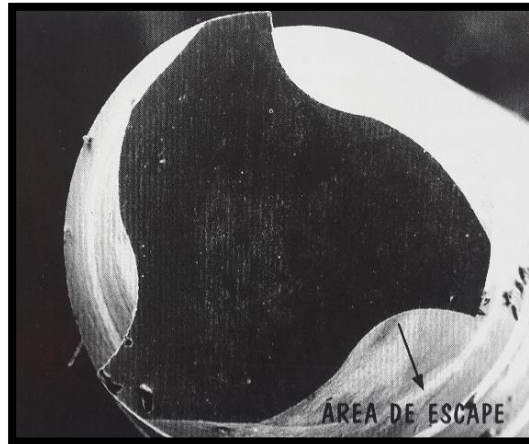
Figura 25. Punta activa e inactiva ²⁰.

5.3.9. ÁREA DE ESCAPE

En el cuerpo del instrumento o en su sección transversal pueden observarse surcos que sirven para contener la limalla dentinaria generada durante la instrumentación y que es acumulada en éstos espacios para que posteriormente pueda ser eliminada del conducto radicular (Figura 26A y 26B)¹.



26A.



26B.

Figura 26A. Área de escape del instrumento. 26B. área de escape en una vista transversal ².

5.3.10. ACABADO SUPERFICIAL

Las irregularidades en la superficie de los instrumentos favorece la susceptibilidad a fracturas, por lo que se requiere de un pulimento físico o químico. (Figura 27) ¹.

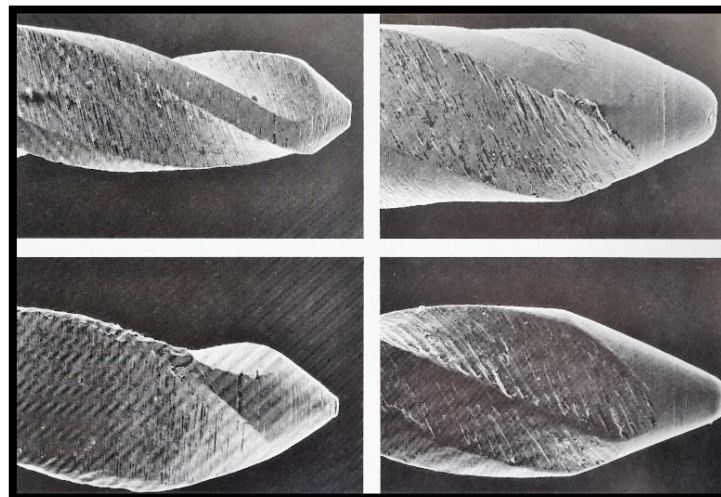


Figura 27. Irregularidades en la superficie de los instrumentos ².



5.4. VENTAJAS DE LOS INSTRUMENTOS NI - TI

- Flexibilidad.
- Resistencia al desgaste.
- Biocompatibles.
- Uso en conductos estrechos y curvos.
- Mejores propiedades anticorrosivas.
- Simplicidad de aplicación.
- Rapidez en la instrumentación de conductos radiculares.
- Memoria de forma, recuperándose de la deformación plástica al retirar la carga y retornando a su forma original.
- Menor fractura de instrumentos debido a la introducción de motores rotatorios de alto torque ⁶.

5.5. DESVENTAJAS DE LOS INSTRUMENTOS NI - TI

- Incidencia de fractura más alta ya que no presenta signos de deformación permanente. Generalmente ocurre en el punto de curvatura máxima ^{6, 8}.
- La eficacia de corte es inferior al acero inoxidable.
- Traspotación.
- No pueden precurvarse ⁶.
- Costo elevado debido a su proceso de fabricación ⁷.



6. SISTEMAS SÓNICOS Y ULTRASÓNICOS

En 1957, Richman propuso el uso de ultrasonido en endodoncia, pero hasta 1976, Howard Martin desarrollo un dispositivo para la limpieza y preparación de los conductos radiculares, denominando la técnica como “endosónica”^{6, 7}.

Los sistemas ultrasónicos generan vibraciones situadas por encima de la gama de las audibles. La energía ultrasónica se puede generar de dos maneras: la primera mediante la creación de un campo magnético, al pasar una corriente eléctrica entre unas laminillas metálicas produciendo fuerzas de atracción y repulsión entre ellas y creando un movimiento vibratorio mecánico, y la segunda mediante el efecto piezoeléctrico al aplicar corriente eléctrica en un cristal provocando deformaciones y resultando vibraciones mecánicas. La frecuencia de oscilación es de 25 – 40 kHz del instrumento insertado, que inicia el microflujo acústico en la solución de irrigación^{6, 7}.

Los sistemas sónicos producen vibraciones mecánicas oscilatorias con frecuencia de 1 y 6 kHz⁷.

Se encontró que con estos dos sistemas se generaba mayor transportación del forámen apical y no se conseguía mayor acción antibacteriana por lo cuál actualmente los ultrasonidos sólo son utilizados en la irrigación pasiva final, sólo para agitar la solución de irrigación y no para conformar el conducto^{6, 7}.

7. SISTEMA ROTATORIO MTWO® VDW.

La preparación, conformación, limpieza y desinfección del conducto radicular es de gran importancia para el éxito en un tratamiento endodóncico⁵.

Los instrumentos utilizados para extirpar la dentina contaminada y modelar el conducto para obturarlo posteriormente han evolucionado hacia la

mecanización pero sin olvidar que los instrumentos manuales serán una guía siempre al utilizar los sistemas rotatorios ^{5, 11}.

El sistema rotatorio Mtwo[®] (Figura 28 y 29) creado por el Dr. Malagnino, se presentó en el año 2003 por la casa comercial VDW; Munich, Alemania, y presenta varios instrumentos para ser utilizados en diversas situaciones clínicas ^{11, 20}.



Figura 28. Sistema rotatorio Mtwo[®] ¹⁹



Figura 29. Instrumentos Mtwo[®]

(Fuente directa)

7.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS

El sistema rotatorio Mtwo® de Ni – Ti se compone de 8 instrumentos ⁶.

La secuencia básica consta de 4 instrumentos del número 10 al 25 con conicidades de 0,04 a 0,06 (Tabla 1 y Figura 30). Son utilizados para la preparación inicial del conducto obteniendo un diámetro coronal mínimo de 1.15 mm (0.06) y 0.25 en el tercio apical ^{5, 7, 20}.

INSTRUMENTOS BÁSICOS
10 / 0.04
15 / 0.05
20 / 0.06
25 / 0.06

Tabla 1. Instrumentos básicos Mtwo® ⁵.

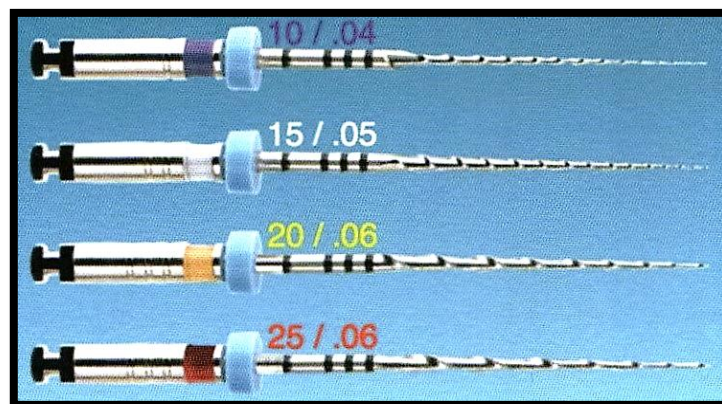


Figura 30. Instrumentos básicos Mtwo® ¹.

Existen 3 instrumentos (Figura 31) para que el operador defina la preparación del tercio apical y éstos son (Tabla 2):

INSTRUMENTOS APICALES
30 / 0.05
35 / 0.04
40 / 0.04

Tabla 2. Instrumentos utilizados en el tercio apical ⁵.

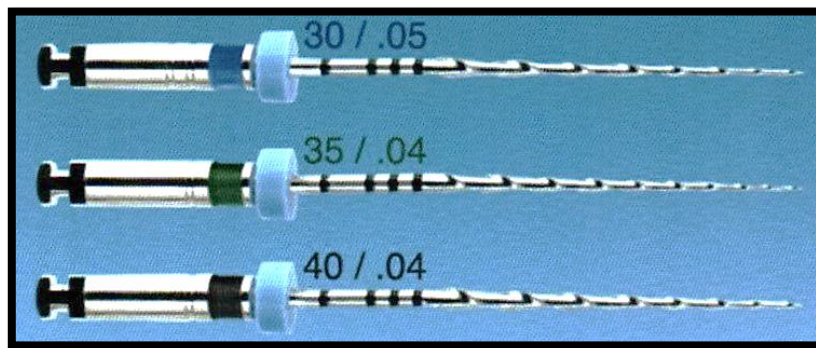


Figura 31. Instrumentos para la preparación del tercio apical ⁵.

Los instrumentos antes mencionados poseen una menor conicidad a comparación de los instrumentos básicos con la finalidad de conformar y modelar únicamente el tercio apical sin modificar los tercios medio y coronal, facilitando también la técnica de obturación vertical ^{5, 20}.

Independientemente del instrumento apical final, el sistema recomienda terminar la preparación con el instrumento 25 / 0.07 (Figura 32) para obtener la conicidad deseada en los tercios medio y cervical, facilitando la obturación del conducto ⁵.



Figura 32. Instrumento Mtwo® 25/0.07 opcional ⁵.

7.1.1. SECCIÓN TRANSVERSAL

Los instrumentos presentan una sección transversal en forma de “S” itálica (Figura 33 y 34) que le confiere un contacto radial mínimo aumentando la eficacia de corte al disminuir la resistencia por fricción entre las hojas cortantes y la superficie dentinaria, disminuye su atornillamiento dentro del conducto radicular, además de brindar un mayor espacio para la remoción de dentina ^{5, 6, 10, 20}.

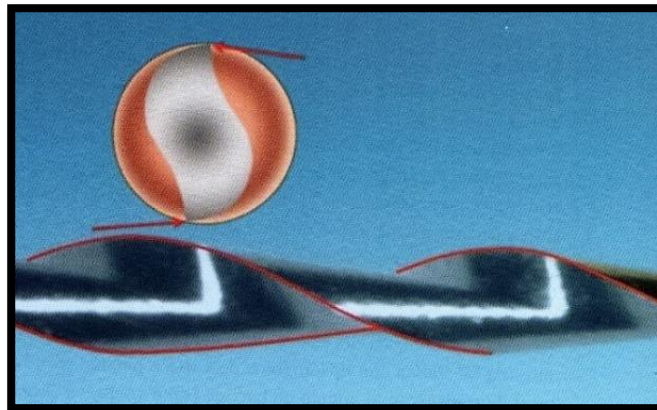


Figura 33. Sección transversal de un instrumento Mtwo® ⁵.

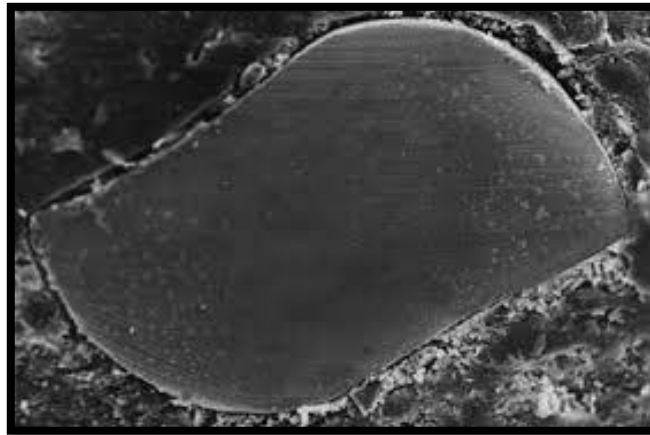


Figura 34. Sección transversal en forma de “S” itálica ²⁴ .

Los conductos curvos y estrechos por lo regular presentan conductos en forma ovalada, dejando hasta un 50% de la superficie sin instrumentar. Los instrumentos rotatorios Mtwo[®] conforman y respetan la anatomía ovalada debido a la forma de “S” en su sección transversal mencionada anteriormente, en donde sus puntos de contacto asimétricos le confieren una mayor capacidad de corte por el ángulo positivo de la estría y su núcleo central reducido, obteniendo con esto mayor flexibilidad del instrumento, permitiendo el movimiento de cepillado y ejerciendo presión sobre las paredes del conducto para obtener un corte circunferencial selectivo ^{5, 6, 7, 11} .

El movimiento de cepillado o limado circunferencial de las paredes del conducto radicular ejercen presión sobre algunas zonas de seguridad, respetando las zonas de riesgo ¹¹ .

7.1.2. ÁNGULOS DE CORTE

Sus ángulos de corte son ligeramente negativos (Figura 35), bisel de transición, la presencia de dos ángulos de corte o barrido produciendo poca

fricción siendo así muy resistentes a la fractura con el uso adecuado y precisa un torque elevado ^{5, 6, 7, 11}.

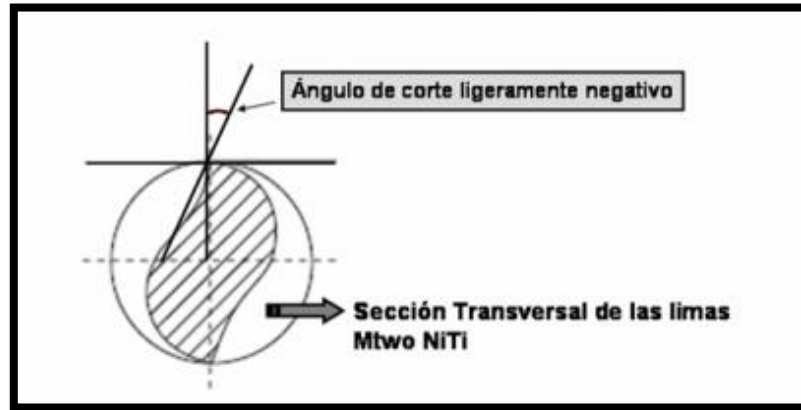


Figura 35. Se observa el ángulo de corte ligeramente negativo del instrumento (vista transversal) ²¹.

El ángulo de barrido se refiere al filo cortante del instrumento, se puede observar al realizar un corte perpendicular al eje del instrumento, no necesariamente es el mismo que el ángulo de corte ya que éste puede observarse en un corte perpendicular del instrumento en relación a cualquiera de los filos cortantes ⁵.

Debido a la disposición de las hojas de corte, se evita el efecto de enroscado adverso o atornillamiento. Entre los filos cortantes del instrumento se encuentran unas acanaladuras llamadas pitch, son asimétricas por lo que el ángulo de barrido es negativo y el ángulo de corte positivo. La asimetría es de gran importancia ya que evita que el instrumento se atornille en dirección apical. El tamaño y profundidad de pitch aumenta de la punta de la lima hacia el vástago (en sentido coronal) y los espacios libres tienen la función de remover la dentina hacia la parte cervical ^{5, 6}.

7.1.3. PUNTA DEL INSTRUMENTO

La punta de los instrumentos es inactiva, es decir, no cortante, por lo que disminuye el riesgo de provocar una transportación apical o deformación del conducto mediante la preparación biomecánica y es de utilidad para guiar el instrumento en el conducto radicular (Figura 36 y 37) ²⁰.



Figura 36. Punta inactiva del instrumento ²².

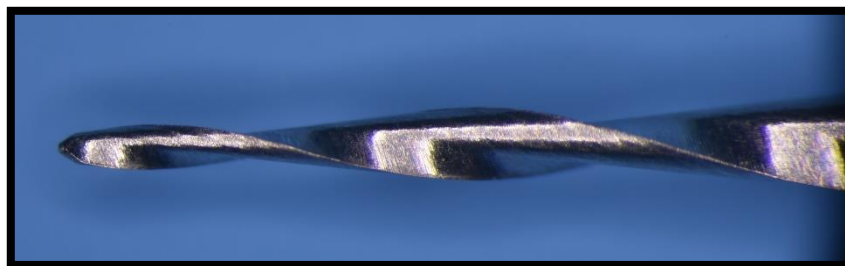


Figura 37. Punta no cortante.

(Fuente directa).

7.1.4. ÁNGULO HELICOIDAL

La superficie cortante del instrumento (filos) y la pared dentinal del conducto radicular a lo largo del eje longitudinal del instrumento forman el denominado ángulo helicoidal, que al disminuir aumenta la distancia entre los filos cortantes (pitch). Su importancia se debe a que sus filos cortantes determinan un ángulo

preciso que aumenta la torsión del mismo. Su ángulo helicoidal es variable y específico para cada instrumento (Figura 38) ^{5, 11}.

Entre las funciones del ángulo helicoidal se encuentra determinar la eficacia de corte del instrumento, su resistencia mecánica, así como sus características dinámicas, por ejemplo, conforme aumenta el diámetro de los instrumentos, el ángulo helicoidal promueve mayor eficiencia de corte, en cambio en los de menor diámetro favorece su resistencia ^{5, 11}.

Los instrumentos de mayor calibre y conicidad poseen un ángulo helicoidal mayor y es inversamente proporcional al número de filos cortantes, lo cuál quiere decir que el número de filos es menor, y visceversa, los instrumentos más pequeños poseen un ángulo helicoidal menor y mayor número de filos cortantes ⁵.

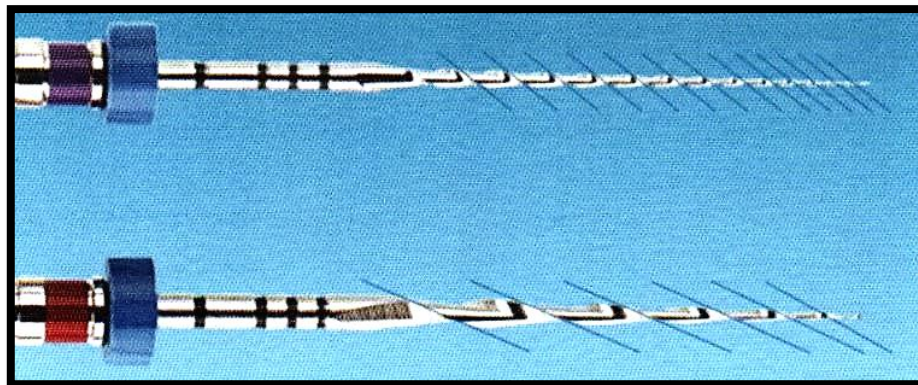


Figura 38. Ángulo helicoidal de acuerdo al tamaño de los instrumentos Mtwo[®]1.

7.1.5. CONICIDAD

El sistema rotatorio Mtwo[®] presenta instrumentos de diámetro pequeño con grandes conicidades, trabajando desde un inicio a una misma longitud,

conservando así la posición original del conducto disminuyendo la probabilidad de transportaciones y fracturas ¹¹.

Cada uno de los instrumentos posee anillos de colores sobre el mango indicando su tamaño en la punta (D1) de acuerdo a las normas ISO (Figura 39.) ^{5, 20}.



Figura 39. Anillos de colores.

(Fuente directa).

También presentan anillos grabados en el mango que nos indican la conicidad del instrumento (Tabla 3 y Figura 40) ⁵.



Figura 40. Identificación del instrumento de acuerdo a los anillos de color y los anillos grabados ²¹.

Número de Anillos	Conicidad
1	0.04
2	0.05
3	0.06
4	0.07

Tabla 3. Relación entre número de anillos y conicidad de los instrumentos ⁵.

Los instrumentos también presentan marcas de profundidad (Figura 41 y 42), las cuáles son de utilidad para controlar la longitud de trabajo durante el tratamiento (tabla 4) ⁵.

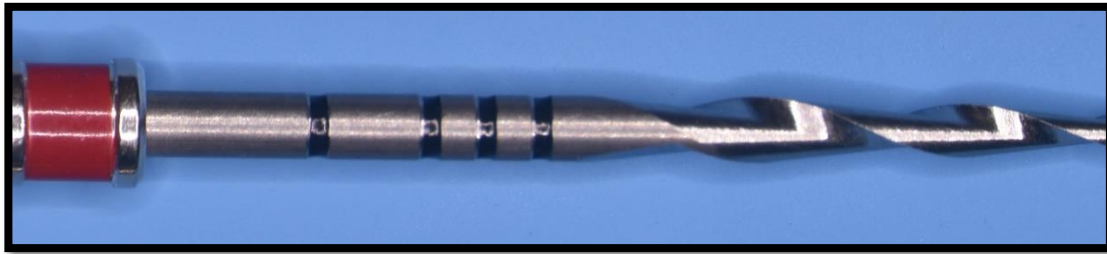


Figura 41. Marcas de profundidad.

(Fuente directa).

Longitud del instrumento	Marcas de profundidad
21 mm	18, 19 y 20 mm
25 mm	18, 19, 20 y 22 mm
31 mm	22 y 24 mm

Tabla 4. Relación entre la longitud del instrumento Mtwo® y las marcas de profundidad⁵.



Figura 42. Se observan las particularidades del instrumento Mtwo® tales como los anillos grabados en el mango que indican su conicidad, el anillo de color morado que indica el diámetro de la punta, en este caso 0.10 mm, las marcas de profundidad en color negro, la parte activa de 16 mm, la longitud total del instrumento de 25 mm y la conicidad 0.04 del instrumento ¹⁷.

Los instrumentos se presentan en 21, 25 y 31 mm de longitud y su parte activa de 16 mm o 21 mm (Figura 43), siendo útiles éstos últimos para la eliminación de dentina (interferencias) de la cámara pulpar, es decir, el tercio medio y coronal, logrando una entrada en línea recta a los conductos radiculares iniciando su preparación y conformación. Los mangos son cortos a comparación de otros sistemas rotatorios, miden 11 mm de longitud (Figura 44), permitiendo un mejor acceso a zonas posteriores durante la instrumentación ^{5, 10, 20}.

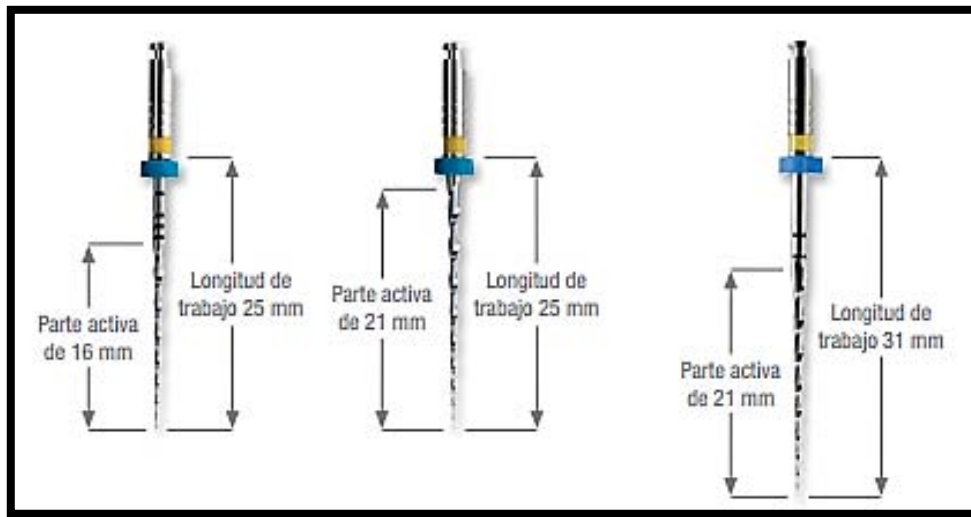


Figura 43. Parte activa de 16 y 21 mm. Longitud de trabajo de 25 y 31 mm de los instrumentos Mtwo[®] 22.

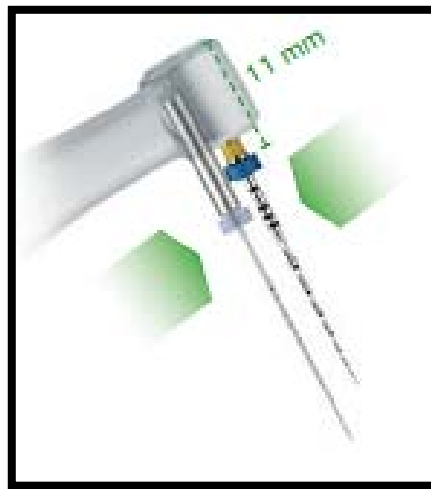


Figura 44. Mango corto de 11 mm de longitud 17.

Malagnino V.A. et al. denominó “conformación simultánea” a la preparación continua de las paredes del conducto radicular a medida que progresa el instrumento en sentido corono apical 5, 6, 20.



Para la preparación del conducto sólo se requiere de una secuencia estándar, independientemente de la anatomía del conducto. Existen instrumentos adicionales que son utilizados dependiendo la técnica de obturación a realizar, por ejemplo condensación vertical ⁶.

El sistema Mtwo[®] utiliza la técnica de “longitud única”, esto significa que desde la primera lima se va a trabajar hasta la longitud de trabajo total ⁶.

7.1.6. VELOCIDAD Y TORQUE

Cada uno de los instrumentos rotatorios del sistema Mtwo[®] requieren un torque y velocidad específica para evitar la fatiga del instrumento y su consecuente fractura (Tabla 5).

Calibre	Conicidad	# de anillos	Color	Velocidad r.p.m	Torque N.cm
10	0.04	1	Lila	280	1.2
15	0.05	2	Blanco	280	1.3
20	0.06	3	Amarillo	280	2.1
25	0.06	3	Rojo	280	2.3
30	0.05	2	Azul	280	1.2
35	0.04	1	Verde	280	1.2
40	0.04	1	Negro	280	1.6
25	0.07	4	Rojo	280	2.0

Tabla 5. Características particulares de cada uno de los instrumentos Mtwo^{®5}.

Se recomienda utilizar una velocidad de 280 r.p.m para todos los instrumentos Mtwo[®] para una mayor eficacia y seguridad, aunque también pueden utilizar una velocidad entre 250 – 350 r.p.m.



7.2. SECUENCIA DE PREPARACIÓN DEL CONDUCTO RADICULAR

Se anestesia y se realiza aislamiento absoluto.

Se realiza el acceso a la cámara pulpar y se localiza la entrada de los conductos con el explorador DG16. La remoción de las paredes de la cámara pulpar a nivel de la entrada de los conductos es innecesaria, ya que por las características de corte del instrumento ésta acción se puede llevar a cabo al mismo tiempo que se prepara el conducto ⁵.

Se verifica que el conducto sea permeable y se obtiene la longitud de trabajo con una lima tipo K # 8 o 10 ⁵.

Se obtiene la longitud de trabajo con localizador apical ⁵.

En casos de dientes necróticos se indica que el límite de instrumentación será a cero del localizador apical no radiográfico para conseguir una mayor limpieza y desinfección así como también un mayor efecto del medicamento intraconducto y la obturación será a 0.5 mm antes del ápice radiográfico ⁵.

Es recomendable que al utilizar el sistema rotatorio no se exceda el rango de 250 - 350 r.p.m. de acuerdo con el torque específico para cada instrumento. Uno de los motores que se emplea para este sistema es el VDW.SILVER ^{5, 10, 21}.

El ensanchamiento de la entrada de los conductos se va ampliando gradualmente con cada instrumento ²¹.

Se lleva a cabo la conformación simultánea, llamada así ya que el instrumento corta durante la penetración de coronal hacia apical y lateralmente, empleando un movimiento de cepillado (Figura 45). El instrumento comienza su

movimiento de cepillado en cuanto percibe la resistencia en el avance automático. La presión ejercida hacia las paredes laterales debe ser ligera ²¹.



Figura 45. Movimiento de cepillado del instrumento ²².

La secuencia básica de los instrumentos para todas las anatomías del conducto radicular es la siguiente:

Se emplea el instrumento 10/0.04, 15/0.05, 20/0.06 y 25/0.06 hasta alcanzar la longitud de trabajo real, siendo ésta la secuencia básica (Figura 46).

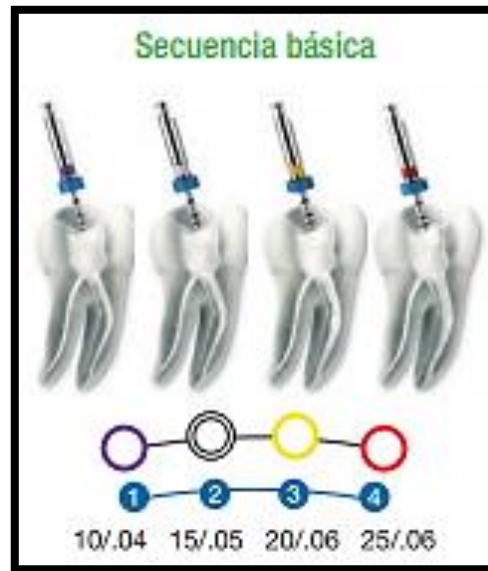


Figura 46. Secuencia básica de instrumentación rotatoria ²².

Para conductos que requieran una mayor conformación se utilizarán los instrumentos 30/0.05, 35/0.04 y 40/0.04. El instrumento 25/0.07 es utilizado sólo cuando se requiere mayor conicidad para facilitar la técnica de obturación vertical. Los instrumentos 45/0.04, 50/0.04 y 60/0.04 se utilizan en casos especiales. (Figura 47) ^{5, 20}.

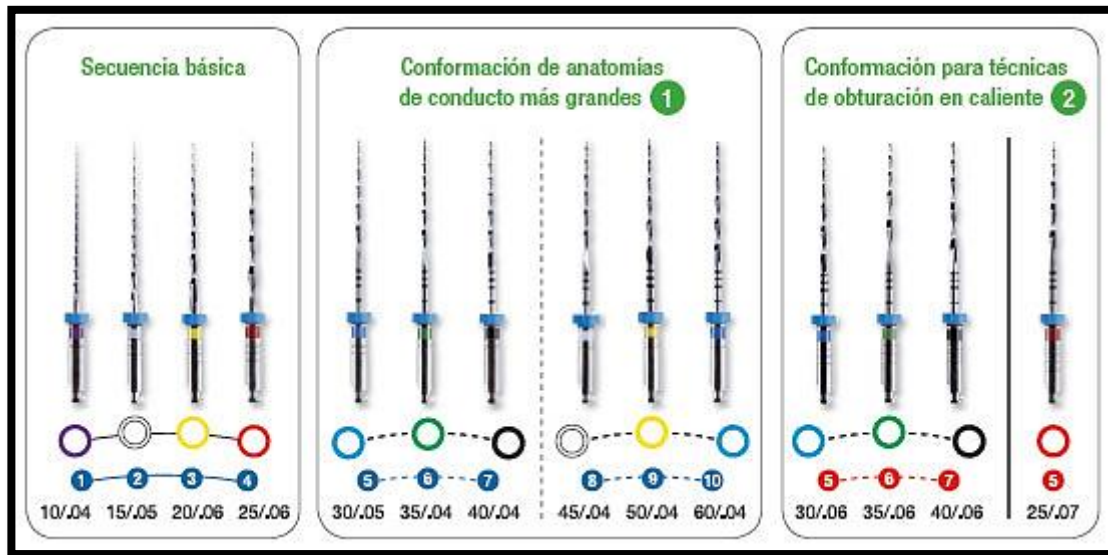


Figura 47. Secuencia de instrumentación ¹⁸.

Todos los instrumentos trabajaran el conducto radicular en toda su longitud. En cuanto se alcanza la longitud de trabajo real, se debe pasar al siguiente tamaño de instrumento (Figura 48 y 49) ²¹.

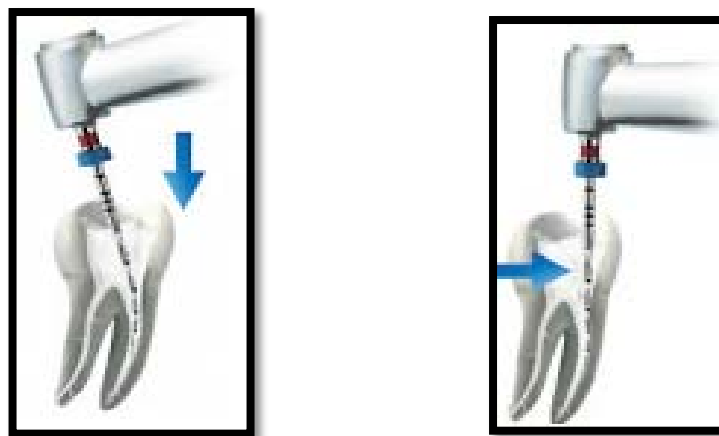


Figura 48 y 49. Preparación del conducto radicular ²².

Al sentir resistencia mientras se introduce el instrumento al conducto se debe evitar seguir penetrando y debe ser retirado entre 1 y 2 mm para aliviar la fatiga cíclica (Figura 50) ⁵.



Figura 50. Movimiento en sentido ascendente y descendente con dirección corono – apical ²².

Entre el uso de cada instrumento rotatorio es necesario permeabilizar el conducto radicular con un instrumento manual de acero inoxidable de calibre # 10 o # 15 e irrigar con hipoclorito de sodio.

Al finalizar la preparación del conducto, se debe realizar la irrigación final con hipoclorito de sodio que será neutralizado con agua bidestilada o solución fisiológica y posteriormente se utilizará EDTA finalizando la irrigación con agua bidestilada o solución fisiológica nuevamente.

Al terminar la preparación del conducto, se obtiene una forma cónica de éste.

7.3. INSTRUMENTOS COMPLEMENTARIOS

7.3.1. MTWO A®

Diseñado especialmente para la conformación del tercio apical en conductos con curvaturas pronunciadas sin comprometer la forma anatómica del tercio apical ⁵.

Consta de 3 instrumentos: Mtwo A1®, Mtwo A2® y Mtwo A3® (Figura 51) ⁵.

Presentan un diámetro inicial de pequeño calibre y gran conicidad en el primer milímetro apical (Tabla 6), presentando a partir de éste punto una conicidad de 2%, es decir de D2 a D16 ^{5, 20}.

Instrumento	Diámetro inicial (D1)	Conicidad (D1 a D2)
A1	0,20 mm	15%
A2	0,25 mm	15%
A3	0,25 mm	20%

Tabla 6. Instrumentos Mtwo A® ⁵.

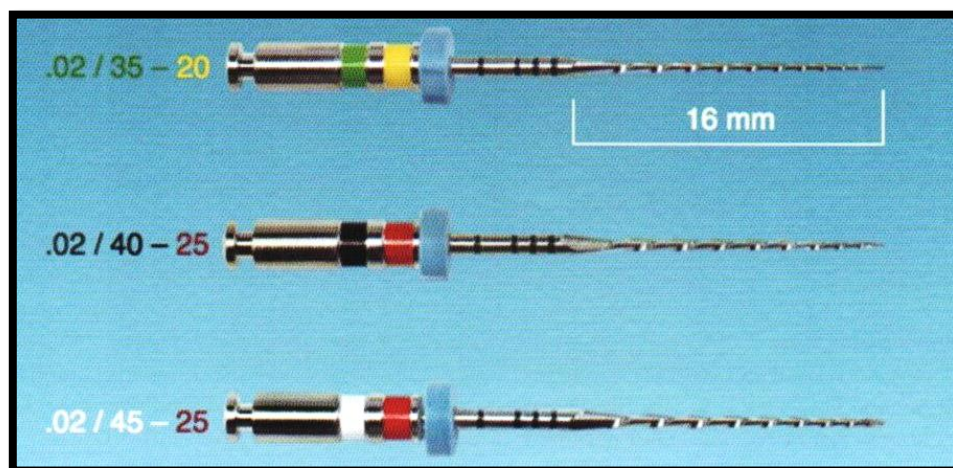


Figura 51. Instrumentos Mtwo A®, útiles en conductos radiculares con curvaturas pronunciadas ya que sólo cortan en el último milímetro apical ¹.

La punta del instrumento no tiene forma de una espiral, sino de una hoja con dos filos cortantes rectos, éste diseño es especial para evitar que el material de obturación sea extruido por el forámen apical una vez conformado el conducto radicular (Figura 52) ^{5, 20}.

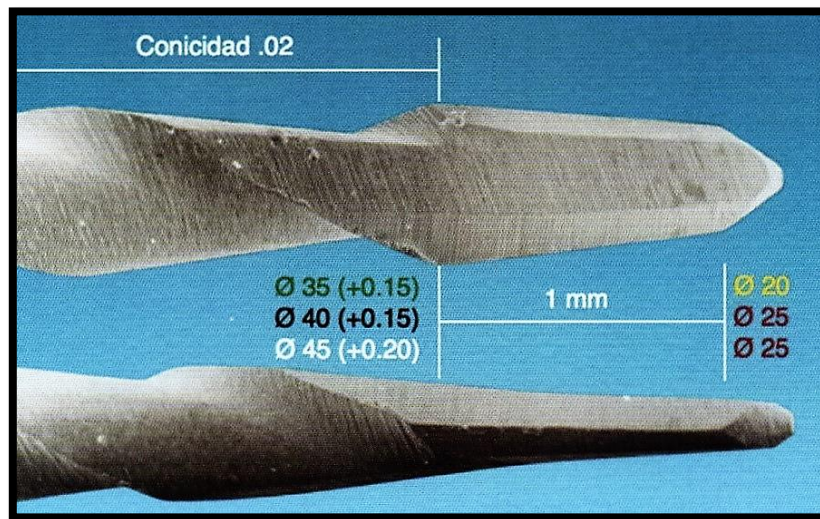


Figura 52. Punta del instrumento Mtwo A[®], donde la conicidad del primer milímetro dependiendo el instrumento es de 0.15 o 0.20 y de 0.02 de los 2 mm a los 16mm. D1 presenta calibres de 20 y 25 ¹.

Generalmente el diámetro menor del forámen fisiológico es de 0,20 – 0,25 mm, de forma ovalada, larga y estrecha en los 5 mm de la región apical ⁵.

7.3.2. MTWO R[®]

Estos instrumentos complementarios son utilizados para el retratamiento del sistema de conductos radiculares, removiendo con facilidad el material de obturación (Tabla 7). También es posible volver a tratar obturaciones radiculares apoyadas en la técnica de vástago (GuttaMaster[®]) ^{5, 21}.

Consta de 2 instrumentos de punta activa (Figura 53).

INSTRUMENTOS PARA RETRATAMIENTO		Torque N.cm
15 / 0.05		0.3
25 / 0.05		1.2

Tabla 7. Instrumentos Mtwo R[®] 5



Figura 53. Punta activa del instrumento ²².

El instrumento R 15/0.05 se utiliza para conductos radiculares estrechos y R 25/0.05 para conductos radiculares grandes y medianos (Figura 54) ²¹.



Figura 54. Instrumentos Mtwo R[®] que se identifican por su anillo de color azul en el mango ¹.

7.4. MATERIAL PARA OBTURACIÓN

Se utiliza Gutapercha Mtwo® o GuttaMaster® como obturador endodóncico que se adapta a éste sistema rotatorio Ni - Ti (Figura 55 y 56) ²¹.



Figura 55. Gutapercha Mtwo® ⁸.



Figura 56. GuttaMaster® ¹⁴.

Para la obturación de conductos se utilizan técnicas de obturación en caliente y en frío dependiendo de los instrumentos utilizados en la preparación de conductos radiculares (Figura 57 y 58) ²¹.

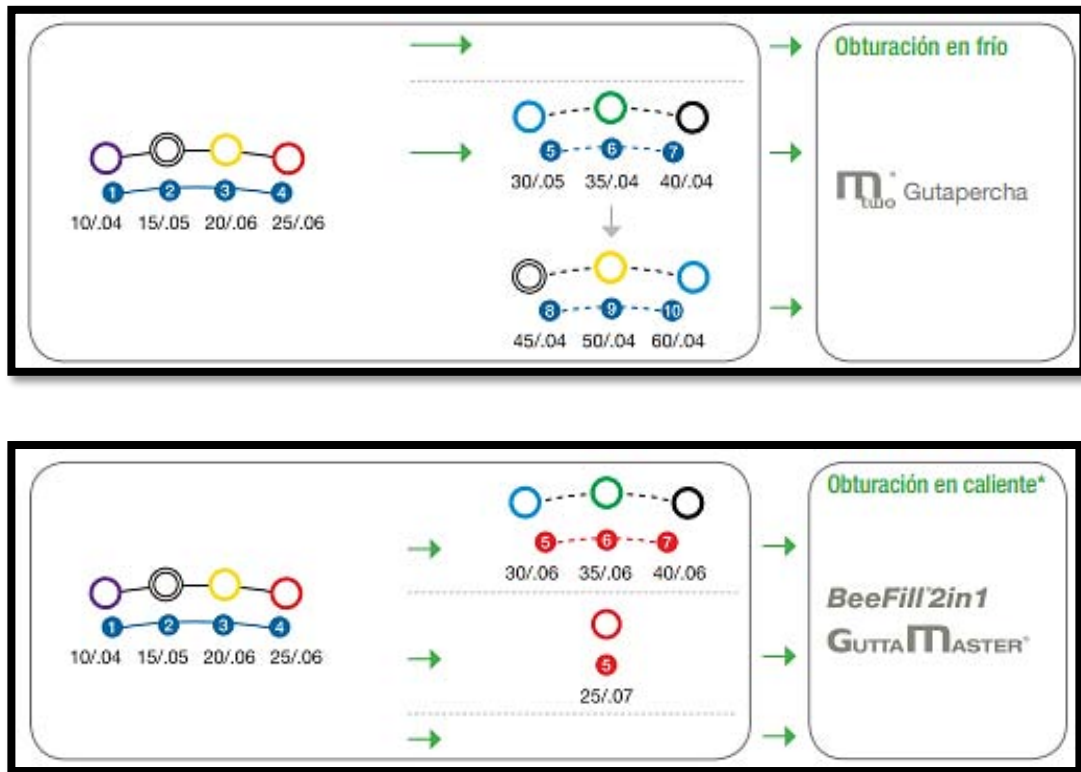


Figura 57 y 58. Obturación en frío o en caliente según el instrumento final utilizado ²².

Previo a la obturación, el conducto radicular debe secarse con puntas de papel (Figura 59).



Figura 59. Puntas de papel Mtwo[®] ²².



DISCUSIÓN

El sistema rotatorio Mtwo® emplea una técnica de preparación de longitud única o también llamada técnica simultánea. Hamze y cols. realizaron un estudio de comparación entre dos técnicas de preparación de conductos para éste sistema rotatorio: longitud única y corono apical ^{6, 12}.

Para realizar la técnica de longitud única, no es necesario realizar una ampliación del tercio cervical del conducto radicular ya que cada uno de los instrumentos se utilizan hasta la longitud de trabajo real sin presión apical. El trabajo biomecánico se realiza con un movimiento de cepillado eliminando las interferencias hasta llegar al ápice ¹².

Según Plotino et al. La fatiga de un instrumento de Níquel – Titanio se reduce realizando el movimiento de cepillado lateral ¹².

La mayoría de otros sistemas rotatorios utilizan la técnica corono apical, con lo que se reduce la fatiga torsional del instrumento con la consecuente fractura ¹².

Buchanan afirmó que al utilizar la técnica step back para instrumentos con grandes conicidades y en determinada anatomía radicular (curvaturas), éstos se fracturaban con mayor frecuencia en el tercio apical del conducto radicular ¹².

Comparando la técnica step back con la corono apical, podemos darnos cuenta que ésta última presenta mayores ventajas como: menor transportación del forámen apical, menor dolor postoperatorio para el paciente y menor fractura de los instrumentos debido a que se produce menor fatiga torsional ¹².

En un estudio comparativo se evalúan 2 técnicas de preparación de conductos diferentes, la primera fue la técnica simultánea (a longitud única) y la segunda, corono apical. El principal objetivo es observar cuál de las dos respeta la



anatomía original de los conductos radiculares curvos después del trabajo biomecánico ¹².

Fueron utilizados 50 cubos de acrílico con conductos curvos (60°) y una conicidad de 0.02 (ISO #8). El primer instrumento de acero inoxidable utilizado fue tipo K #10 y agua como irrigante ¹².

Grupo A: el tercio cervical se amplió previamente con instrumentos (IntroFile - VDW, Munich, Germany) durante 5 segundos. Posteriormente se continuó con los instrumentos rotatorios Mtwo® (10/0.04, 15/0.05, 20/0.06, 25/0.06) a la longitud de trabajo real, es decir, hasta el tercio apical. Cada instrumento fue utilizado durante 3 segundos ¹².

Grupo B: se utilizaron los instrumentos IntroFile (VDW, Munich, Germany) para ampliar el tercio cervical del conducto durante 5 segundos. Posteriormente se emplearon los instrumentos rotatorios Mtwo® en el siguiente orden: 25/0.06 en el tercio coronal, 20/0.06 en el tercio medio, 15/0.05 en el tercio apical y finalmente 25/0.06 a la longitud de trabajo real, cada instrumento fue utilizado durante 3 segundos ¹².

Se utilizó el motor Endo IT (VDW, Munich, Germany) a una determinada velocidad y torque ¹².

Se evaluaron tres puntos de la curvatura del conducto radicular. (Figura 60).

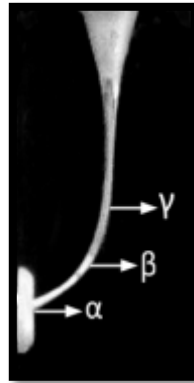


Figura 60. Puntos evaluados de la curvatura ²³.

En los resultados del estudio se obtuvo solamente una diferencia significativa en el punto γ en cuanto a la cantidad de acrílico removido en las paredes interna y externa de la curvatura ¹².

En el grupo A se removió mayor cantidad de acrílico en la pared interna de la curvatura (punto γ) y en el grupo B se eliminó una cantidad de acrílico igual en ambas paredes del conducto (punto γ). El punto γ , según Schafer et al. corresponde a 8 mm antes del ápice y es el punto más susceptible para la fatiga cíclica del instrumento ¹².

Los conductos del cubo de acrílico en el grupo B presentaron menores cambios en la anatomía interna, principalmente en el punto cervical de la curvatura del conducto (Tabla 8)¹².



Punto del conducto	α	α	β	β	γ	γ
Grupo	A	B	A	B	A	B
Cantidad y estándar de error	0.32±0.095	0.4±0.1	0.36±0.098	0.36±0.081	0.04±0.04	0.16±0.074

Tabla 8. Cantidad de acrílico removido en los tres puntos evaluados de la curvatura y estándar de error ¹².

Debe considerarse que la dureza, la sección transversal del conducto radicular y la textura de la superficie no es la misma en un cubo de acrílico y en un diente ¹².

El sistema rotatorio Mtwo[®] al emplear la técnica simultánea para la preparación biomecánica, respeta la anatomía del conducto radicular y presenta mayor eficacia en cuanto a la remoción de dentina comparado con otros sistemas rotatorios como Race[®] y K3[®] y menos transporte del forámen apical (zip) que con el sistema rotatorio ProTaper Universal[®] y K3[®] ¹².

El sistema rotatorio Mtwo[®] puede utilizar la técnica simultánea para preparación de conductos o corono apical al no encontrarse diferencias significativas, ésta última es más fácil de utilizar y es biológicamente aceptada, además de respetar la anatomía en la parte cervical de la curvatura del conducto ¹².



Ebrbardt y cols. realizaron un estudio para evaluar la incidencia de separación de instrumentos rotatorios Mtwo[®] utilizando 556 molares y premolares superiores e inferiores ¹³.

En el tercio cervical se emplearon fresas Gates Glidden para ensanchar el tercio cervical del conducto radicular y limas manuales de acero inoxidable para verificar la permeabilidad de los conductos radiculares. El tercio apical fue preparado con instrumentos Flexofiles #15 ¹³.

Los instrumentos rotatorios Mtwo[®] fueron desechados después de ser utilizados en 5 dientes ¹³.

El uso de instrumentos que ensanchen el conducto en el tercio cervical del conducto y de limas manuales reduce la incidencia de separación de instrumentos ¹³.

Los instrumentos rotatorios Ni – Ti no presentan deformación en su estructura, por lo cual una fractura no es previsible¹³.

La técnica de instrumentación corono apical es la más recomendable para los sistemas rotatorios Ni – Ti, ya que los instrumentos de mayor conicidad y diámetro preceden a los de menor tamaño reduciéndose también la fricción entre la pared del conducto y el instrumento con la consecuente fractura ¹³.

Kuzekanani et al. afirma que adoptar la técnica corono apical para el sistema rotatorio Mtwo[®] no es necesaria ya que cada instrumento permite el buen acceso para el instrumento siguiente, utilizando así la longitud de trabajo real ¹³.

La controversia de la técnica simultánea es la fricción de los instrumentos con la pared del conducto radicular al provocar una mayor fatiga de éstos dando como resultado que lleguen a la fractura. Por ésta razón es recomendable el uso de instrumentos Gates Glidden y limas manuales de acero inoxidable previos a los instrumentos Mtwo[®] ¹³.



La hibridación de la técnica de preparación de conductos del sistema Mtwo® podría tener consecuencias al alterar el protocolo recomendado ya que aún no se cuentan con los estudios suficientes para evaluar la eficacia ¹³.

En el estudio realizado se evaluó la separación de los cuatro primeros instrumentos Mtwo® utilizando 556 molares y premolares superiores e inferiores con curvaturas no mayores a 45° ¹³.

Se procedió a realizar un acceso en línea recta, localizar los conductos y a explorar con instrumentos tipo K #6, #8, #10 y #15. El tercio cervical se trabajó con instrumentos flexofile® manuales de #15 a #35 con movimiento de fuerzas balanceadas. La instrumentación se realizó a 5 mm antes de la longitud de trabajo real para conductos rectos y al inicio de la curvatura en conductos curvos, después se emplearon fresas Gates Glidden #2 y #3 en los tercios cervical y medio. Se utilizaron 2 mL hipoclorito de sodio (NaOCl) al 2.5% para irrigar después de cada instrumento ¹³.

Se utilizó el localizador apical para determinar la longitud de trabajo real a 1 mm del forámen apical y se empleó un instrumento flexofile® #15. Posteriormente se emplearon los instrumentos rotatorios Mtwo® (máximo en 5 dientes) a una velocidad de 280 rpm y a un torque indicado para cada uno de ellos (Tabla 9) ¹³.

Instrumento rotatorio Mtwo®	Torque (N.cm)
10/0.04	1,20
15/0.05	1,30
20/0.06	2,10
25/0.06	2,30

Tabla 9. Relación entre el instrumento Mtwo® y el torque utilizado ¹³.



Se realizaron movimientos de cepillado en las paredes del conducto y de picoteo simultáneo hasta la longitud de trabajo real sin ejercer presión apical. Se irrigó con 5 mL de EDTA al 17% y utilizando ultrasonido durante 1 minuto y por último con 5 mL de solución fisiológica ¹³.

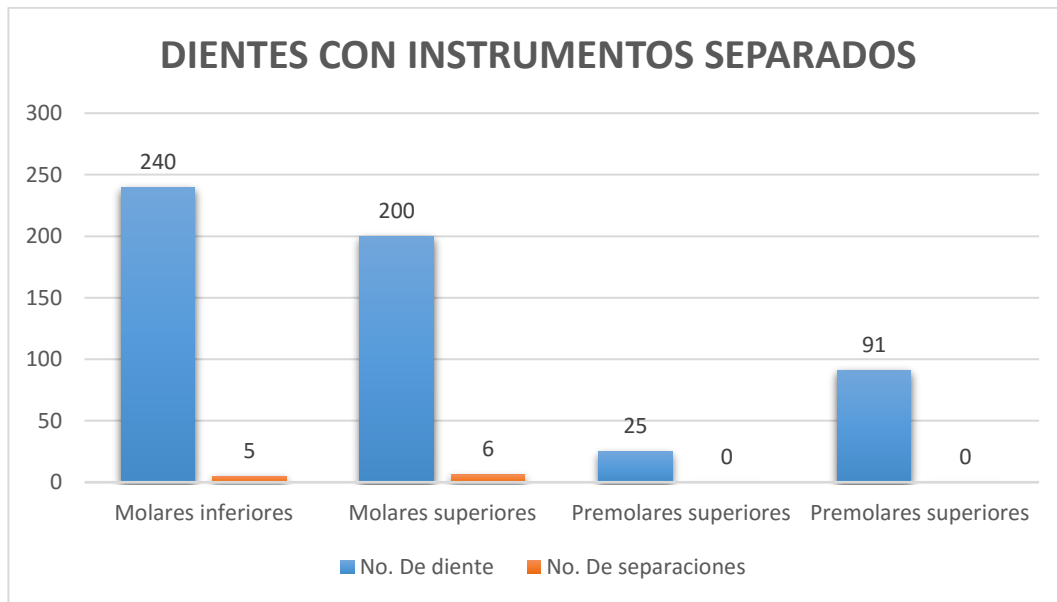
Todos los instrumentos una vez utilizados fueron observados en el microscopio y si presentaban deformación o separación se descartaba la serie completa a excepción del instrumento 10/0.04 ya que al ser más frecuente su deformación podía ser sustituido en cualquier momento ¹³.

Los resultados del estudio fueron los siguientes (Tabla 10 y gráfica 1):

Instrumento	Diente	Conducto	Tercio	Fragmento (mm)	Uso
15/0.05	27	MV	Apical	3	Tercero
10/0.04	27	MV	Apical	3	Primero
10/0.04	37	MV	Apical	2	Tercero
10/0.04	47	D	Apical	2	Tercero
10/0.04	38	MV	Apical	1	Primero
10/0.04	16	DV	Apical	1	Quinto
10/0.04	47	MV	Apical	1	Cuarto
10/0.04	17	P	Medio	5	Cuarto
10/0.04	26	MV	Apical	3	Quinto
10/0.04	26	MP	Apical	2	Quinto
10/0.04	46	MV	Apical	4	Quinto

MV, mesiovestibular; DV, distovestibular; P, palatino; D, distal.

Tabla 10. Resultados de la separación de instrumentos Mtwo[®] ¹³.



Gráfica 1 . Se muestra la frecuencia de fractura de instrumentos en los diferentes dientes utilizados ¹³.

De los 556 dientes evaluados sólo se presentaron 11 fracturas de instrumentos, dónde 10 de ellas ocurrieron en los instrumentos 10/0.04 y 1 en el instrumento 15/0.05, siendo más frecuente en el conducto mesiovestibular de molares inferiores, siguiendo con conductos mesiovestibulares de molares superiores y con menor frecuencia en el conducto distal, distovestibular, mesiopalatino y palatino de molares superiores o inferiores y ninguna en premolares, 10 de ellas ocurrieron en el tercio apical y sólo 1 en el tercio medio y en cuanto al tipo de defecto, el instrumento 10 /0.04 presentó 98 distorsiones y 10 separaciones, el 15/0.05 con 48 distorsiones y 1 separación, el 20/0.06 con 8 distorsiones y ninguna separación y por último el 25/0.06 con 6 distorsiones y ninguna separación (Tabla 11) ¹³.



# de usos	Separación	Distorsión
1	2	31
2	0	34
3	3	32
4	2	39
5	4	24

Tabla 11. Relación entre el número de usos del instrumento y el daño obtenido ¹³.

Se considera que los instrumentos 10/0.04 y 15/0.05 deberían ser utilizados en una sola ocasión debido a su alta tasa de distorsión y separación ¹³.

Según Roland afirma que todos los instrumentos rotatorios deberían ser utilizados una sola vez ya que está comprobado que muchos de ellos pueden fracturarse en el primer uso, aunque se considere la causa multifactorial ¹³.

La regulación de la velocidad y torque para cada uno de los instrumentos, ayuda a reducir el número de daños en ellos. Otros factores que influyen en cierta forma es el ensanchamiento previo del tercio cervical y medio del conducto, la anatomía del conducto (curvatura), así como la habilidad del operador ¹³.

Se cuestionaba sobre la acción del hipoclorito de sodio sobre los instrumentos como otro factor predisponente a la fractura de éstos, por lo que Pedulla et al. demostró que estático o dinámico el instrumento inmerso en NaOCl durante 1 a 5 minutos no reduce la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos Ni – Ti ¹³.



En un estudio realizado por Ontiveros y cols. se demostró que uno de los errores más frecuentes en la preparación de conductos es la transportación en el tercio apical, la cuál es una deformación en la zona apical del conducto perdiéndose la anatomía original y desplazándolo de su trayectoria inicial ¹⁴.

Existen diversos métodos para medir la transportación del forámen apical, uno de ellos es el método radiográfico empleado por Canales y cols. en 1984, dónde se tomaban radiografías de ambos sentidos y en algunas ocasiones se tomaban intermedias durante la preparación biomecánica para conocer cual era el primer instrumento que provocaba la transportación. Esposito y Cunningham, en 1995 y Pereira Lopes y cols. en 1998 utilizaron la superposición radiográfica para determinar la transportación del conducto radicular en el tercio apical ¹⁴.

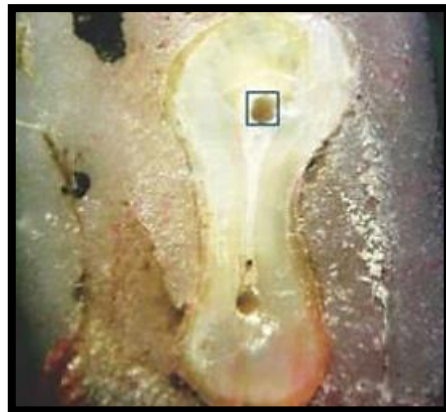
El Dr. Espinosa utilizó otro método para estudiar la transportación denominada “Técnica de medición angular de la transportación de los conductos radiculares”, en la cual se obtenía una medición angular y lineal que permite conocer la magnitud y dirección de la transportación del centro geométrico del conducto radicular en su tercio apical. Se empleaba una plantilla de papel de forma circular con graduaciones angulares en su perímetro y cuadrícula en su superficie. La unidad angular es conocida como milit y 1° equivale a 17.8 milits ¹⁴.

Se realizó un estudio en 19 raíces mesiales de molares inferiores que fueron clasificadas según su curvatura (método de Schneider) como recta si presentaba de 0° a 5°, moderada de 10° a 20° y severa si tiene entre 25° y 70° ¹⁴.

Se realizó el acceso a la cámara pulpar y se obtuvo la conductometría con instrumentos tipo K # 15. La mitad de los conductos se instrumentaron con el sistema rotatorio Mtwo® y la otra mitad con instrumentos Flex R y la técnica de fuerzas balanceadas ampliando el conducto en el tercio apical hasta un

instrumento ISO #35. Previo a la instrumentación se realizó un corte del tercio apical (4 mm antes del ápice), para observar la posición del conducto radicular en el microscopio y tomar una fotografía, recolocándolo posteriormente para la preparación del conducto. Una vez terminada la instrumentación se volvió a extraer el tercio apical para ser observado de nuevo en un microscopio y verificar la transportación del conducto comparándolo con la fotografía obtenida anteriormente donde se mostraba la anatomía original ¹⁴.

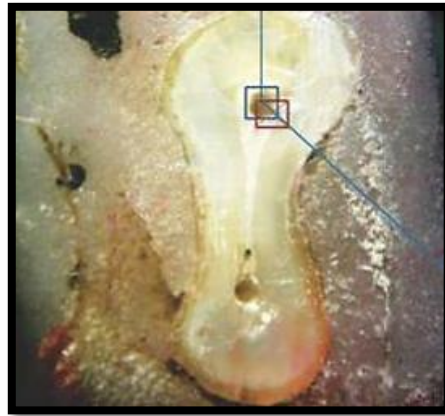
En la primera y segunda fotografía se traza un cuadrado que pasa tangente a cada uno de los bordes del conducto observado, después se trazan dos líneas uniendo cada ángulo formado por el cuadrado para determinar el centro del conducto radicular, posteriormente las imágenes se superponen y se observa la transportación del conducto radicular. La transportación se obtiene midiendo ambos puntos centrales de los conductos (pre y postinstrumentación) con la plantilla cuadriculada antes mencionada y con ésta también podemos realizar la medición angular conociendo así la dirección de la transportación (Figura 61 A, B y C)¹⁴.



A



B



C

Figura 61. A, B y C. Transportación del conducto radicular ²⁴.

En los resultados del estudio se obtuvo una mayor frecuencia de transportación en dirección linguo - distal con el sistema rotatorio Mtwo® y para la técnica de fuerzas balanceadas en dirección linguo – mesial y en ambos casos la menor frecuencia fue en dirección distal (Figura 62) ¹⁴.

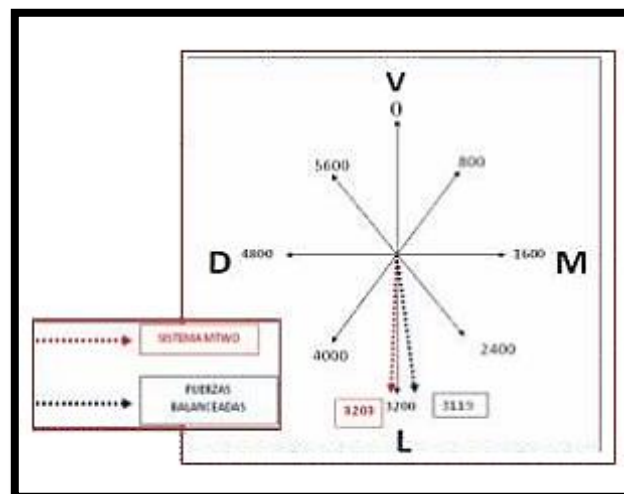


Figura 62. Dirección de la transportación del forámen apical ²⁴.



En otro estudio realizado por Celik y cols. se evaluó la transportación de los conductos radiculares y la consecuente pérdida de longitud de trabajo real, se emplearon 6 diferentes sistemas rotatorios de Níquel – Titanio (Twisted File[®], GT Series X[®], Revo-S[®], RaCe[®], Mtwo[®] y ProTaper Universal[®]) e instrumentos manuales de acero inoxidable ¹⁹.

Se ocuparon 140 molares superiores con curvaturas entre 30° y 40°, en los cuales fueron instrumentados los conductos mesiovestibulares ¹⁹.

Se realizó el acceso a la cámara pulpar, se verificó la permeabilidad de los conductos y como irrigante se utilizó hipoclorito de sodio al 2.5%. Posteriormente todos los conductos fueron instrumentados hasta un calibre 30 con conicidad 0.06 con instrumentos rotatorios y a 30/0.02 con los instrumentos manuales (Flexofile) ¹⁹.

Como resultado, se observó que los instrumentos flexofile y ProTaper Universal[®] fueron los que provocaron una transportación apical significativa a diferencia de los demás sistemas rotatorios como Twisted File[®], GT series X[®], Revo-S[®], RaCe[®] y Mtwo[®], en los cuales se observó una mínima transportación del forámen apical y a nivel de la curvatura no se obtuvieron diferencias significativas entre los sistemas ¹⁹.

Hin y cols. realizaron un estudio con el propósito de conocer la incidencia de grietas y fracturas en la dentina radicular posterior a la instrumentación de conductos radiculares utilizando limas manuales, self – adjusting file (SAF), Mtwo[®] y Protaper[®]. Pueden observarse líneas de fractura completas o incompletas que pueden dar lugar a una fractura vertical, en la cual influyen factores como la alta concentración de hipoclorito de sodio debilitando la pared del conducto radicular, la técnica de obturación lateral y la técnica de preparación de conductos ¹⁵.

Se utilizaron 100 premolares, los cuales se dividieron en 5 grupos:



Grupo 1: grupo control. Después de realizar el acceso a la cámara pulpar se permeabilizó con un instrumento tipo K #10, se tomó longitud de trabajo real y se trabajaron los conductos hasta un instrumento flexofile # 20 en el tercio apical ¹⁵.

Grupo 2: Instrumentos manuales. Se utilizaron instrumentos flexofile para realizar la preparación del conducto hasta un #45 - #80 ¹⁵.

Grupo 3: ProTaper[®], eficaz para la eliminación de la dentina en el tercio cervical debido a su conicidad a comparación de otros sistemas rotatorios. Se instrumentó hasta el instrumento F4 (equivalente a 40/0.06) en el tercio apical a 300 rpm ¹⁵.

Grupo 4: Mtwo[®], secuencia directa, capaz de mantener curvaturas y buen comportamiento ante la fatiga cíclica. Se utilizaron los instrumentos 10/0.04, 15/0.05, 20/0.06, 25/0.06, 30/0.05, 35/0.04 y 40/0.04 y como irrigación 2 mL de hipoclorito al 2% ¹⁵.

Grupo 5: SAF, se adapta a la anatomía del conducto radicular y posee un flujo continuo de irrigante ¹⁵.

Los premolares fueron seccionados transversalmente a una distancia de 3, 6 y 9 mm a partir del ápice y se observaron en el microscopio ¹⁵.

Los resultados fueron significativos entre el sistema rotatorio ProTaper universal[®] y Mtwo[®] ya que fueron observadas fisuras completas e incompletas, a comparación del grupo control y la instrumentación con limas manuales en las cuales no se observó ningún daño. Esto se atribuye a la rotación continua de los sistemas rotatorios que genera tensión en las paredes del conducto provocando así fisuras o grietas completas o incompletas, es decir, que van del conducto hacia la parte externa o de la parte externa hacia el conducto. ProTaper universal[®] resultó ser el sistema que provocó más fisuras o grietas en los conductos quizá por su creciente conicidad ¹⁵.



En un estudio realizado por Sant'Anna y cols. se evaluó la preparación de conductos enfocándose a la preparación del tercio apical en raíces mesiales de molares inferiores principalmente porque son consideradas como área de riesgo al presentar poco espesor dentinario en los cuales si no se toman precauciones al realizar el trabajo biomecánico puede ocasionarse una perforación ¹⁶.

Los sistemas rotatorios utilizados para el estudio fueron Mtwo[®] y Reciproc[®]. Se instrumentaron 12 molares con curvaturas entre 25° y 35° entre los dos sistemas (6 conductos mesiovestibulares y 6 mesiolinguales por cada sistema) y éstos fueron previamente accesados, obteniendo la longitud de trabajo real con instrumentos tipo K #10 y #15 y con el sistema rotatorio se instrumentó en apical hasta un calibre #25 para ser observado y posteriormente hasta el #40 ¹⁶.

En el sistema Mtwo[®] se utilizó la siguiente secuencia de instrumentos: 10/0.04, 15/0.05, 20/0.06 y 25/0.06, los conductos fueron observados en una tomografía y después se volvió a instrumentar con la siguiente secuencia: 30/0.05, 35/0.04 y 40/0.04 ¹⁶.

Con el sistema Reciproc[®] solamente se hizo uso del instrumento 25/0.08 para la primera fase y posteriormente 40/0.06 para la segunda fase ¹⁶.

La irrigación se realizó con hipoclorito de sodio al 2.5% utilizando 2 mL, después solución fisiológica y por último EDTA al 17% durante 3 minutos ¹⁶.

Las raíces mesiales fueron seccionadas transversalmente en 5 cortes para poder obtener la tomografía y observar los resultados (Figura 63) ¹⁶.

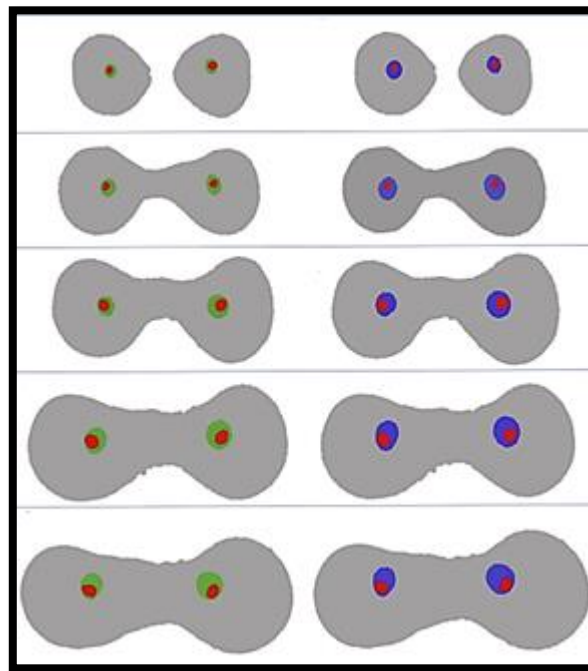


Figura 63. Se muestran los cortes transversales de las raíces mesiales. Los conductos del lado izquierdo de ambas columnas fueron preparados con Mtwo® y del lado derecho con el sistema Reciproc®. (rojo – anatomía radicular normal, verde - 25/0.06 para Mtwo® y 25/0.08 para Reciproc, azul – 40/0.04 para Mtwo® y 40/0.06 para Reciproc) ²⁵.

Se pudo observar una diferencia significativa del espesor dentinario sólo en los primeros 5 mm partiendo del ápice a comparación del tercio cervical que no tuvo diferencias significativas (Figura 64) ¹⁶.

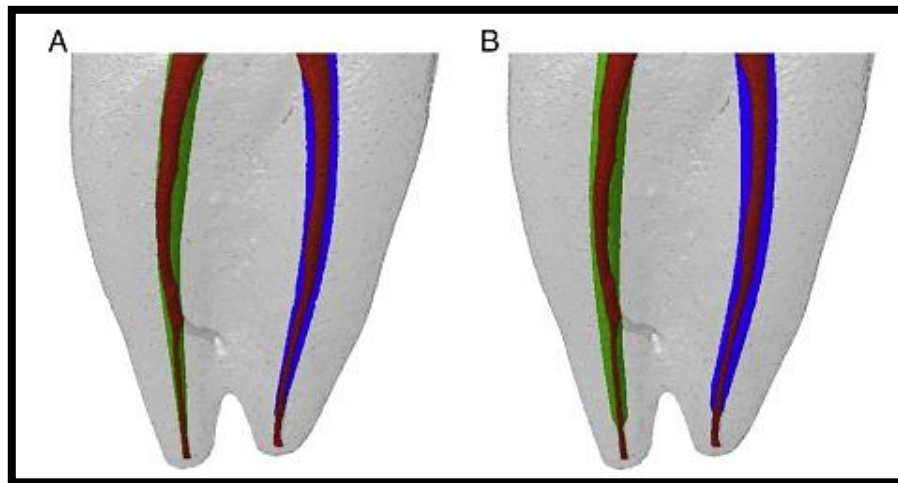


Figura 64. A. Se observa en color verde el conducto trabajado con Mtwo® 25/0.06 y en azul con Reciproc 25/0.08. B. Representación en color verde la conformación del conducto con el sistema Mtwo® 40/0.04 y en azul el sistema Reciproc 40/0.06 ²⁵.

Surge una controversia al afirmar que con un mayor ensanchamiento apical se consigue una mayor eliminación de tejido orgánico, una mejor irrigación y una obturación más eficaz, a lo que autores como Paredes – Vieyra y Enríquez reportaron que otro beneficio de éste ensanchamiento era la solución de casos de periodontitis apical ya que otros autores afirmaban que con el ensanchamiento apical sólo se conseguía eliminación innecesaria de dentina sin beneficios adicionales ¹⁶.

Se concluyó que ambos sistemas son seguros para la preparación de conductos sin eliminar excesivamente la dentina aún en áreas de riesgo como las raíces mesiales de los molares inferiores, comprobándolo al utilizar con ambos sistemas un instrumento con calibre #40 en el tercio apical. La única desventaja del sistema Mtwo® es la cantidad de instrumentos utilizados empleando mayor tiempo para la preparación biomecánica a diferencia del sistema Reciproc® ¹⁶.



Aminsobhani y cols. llevaron a cabo un estudio comparativo entre los sistemas rotatorios Mtwo® y RaCe® para comprobar su eficacia utilizando como técnica de preparación el uso de un solo instrumento y el método convencional ¹⁷.

De una muestra de 60 molares inferiores se ocuparon las raíces mesiales con curvaturas de 15° a 45°. En cada uno de los molares inferiores se realizó el acceso a la cámara pulpar y posteriormente se permearon los conductos utilizando instrumentos de acero inoxidable #10 y #15. Después algunos fueron instrumentados con el método convencional usando los instrumentos Mtwo® (punta inactiva, sección en forma de “S” itálica) 10/0.04, 15/0.05, 20/0.06, 25/0.06 y en el caso de un solo instrumento con el 25/0.06. Otros conductos se instrumentaron con el método convencional utilizando los instrumentos RaCe® (punta inactiva, sección transversal triangular) 40/0.10, 35/0.08, 25/0.06, 25/0.04 y 25/0.02 y con la técnica de un solo instrumento con el 25/0.06. El irrigante empleado fue hipoclorito de sodio a 2.5% y posterior a éste EDTA al 17% ¹⁷.

Como resultados se observó que los dos sistemas rotatorios fueron eficientes en la preparación de conductos y las diferencias significativas fueron principalmente en los conductos que presentaron curvaturas más pronunciadas, es decir las de más de 35°, sin influir en el resultado el método de preparación o el instrumento utilizado ¹⁷.

La intención de utilizar un solo instrumento en la preparación de conductos es con la finalidad de disminuir el costo de los tratamientos y el tiempo de preparación de conductos, considerando que también es favorable para evitar el difícil proceso de limpieza y esterilización de los instrumentos utilizándolos así en una sola ocasión ¹⁷.

Entre otras ventajas, algunos estudios previos demostraron que los instrumentos Mtwo® mantienen mejor la curvatura original de los conductos a comparación de instrumentos K3® o RaCe® además de ser más rápida la



preparación debido al diseño que poseen, es decir, su sección transversal y su ángulo de corte positivo ¹⁷.

Se considera que las desviaciones mayores a 300µm tienen efectos adversos sobre las obturaciones ¹⁷.

Schafer et al. mostraron que las transportaciones con los instrumentos Mtwo[®] son poco frecuentes¹⁷.

Eken y cols. realizaron una evaluación de diferentes sistemas rotatorios utilizando modelos de resina acrílica producidos por estratificación, los cuales tenían conductos ovales. La mayoría de los sistemas rotatorios Ni – Ti son incapaces de realizar un desbridamiento eficaz en conductos ovales por lo que se realizó un estudio para observar que sistema posee mejores propiedades ¹⁸.

Los sistemas evaluados fueron:

- ProTaper Universal[®]. Elimina mayor cantidad de dentina en el tercio cervical debido a su conicidad. Se emplearon los instrumentos S1, S2, F1 y F2.
- ProTaper Next[®]. Igual que el anterior, elimina gran cantidad de dentina en el tercio cervical del conducto. Su conicidad no es constante. Se instrumentó el conducto hasta X2.
- One Shape[®]. Instrumentos asimétricos. El instrumento final utilizado fue 25/0.06 circunferencialmente sin presión.
- WaveOne[®]. Tiene conicidad de 0.08 los primeros 3 mm de la punta por lo que genera menor cantidad de grietas en la dentina que One Shape[®].
- Mtwo[®]. No adopta la técnica Crown – down. Posee dos hojas cortantes y por su ángulo de corte positivo es más fácil cortar la dentina. Se instrumentó hasta el instrumento 25/0.06.



- Twisted file[®]. Realiza movimiento de rotación continua por lo que disminuye la transportación apical. La preparación del conducto en apical fue con el instrumento 25/0.06.
- Instrumentos manuales. El conducto fue instrumentado con calibres del #15 al #40.

Como resultados, los instrumentos que provocan mayor tensión apical fueron ProTaper Next[®], One Shape[®] y Twisted file[®]. Los demás instrumentos no superan las tensiones más allá del tercio medio del conducto radicular ¹⁸.

Mtwo[®] generó mayor tensión en el tercio cervical y vestibular del conducto al igual que ProTaper Universal[®]. (Figura 65) ¹⁸.

Los instrumentos Wave One[®] y los instrumentos manuales generan una menor concentración de estrés y mejor distribución de la tensión ¹⁸.

De mayor a menor, los instrumentos que provocan menor tensión al realizar presión en un ángulo de 45° hacia la superficie vestibular son: ProTaper Universal[®], Mtwo[®], Wave One[®], instrumentos manuales, ProTaper Next[®], One Shape[®] y Twisted File[®] ¹⁸.

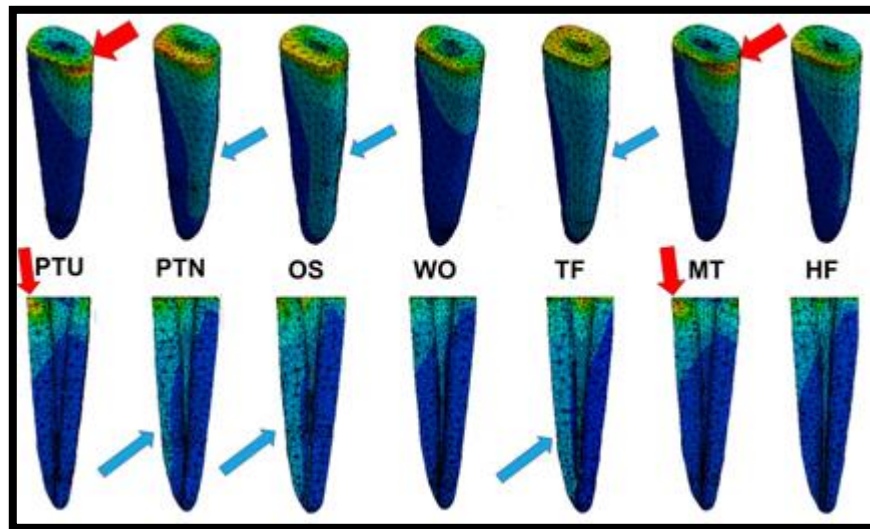


Figura 65. Distribución de tensiones con presión en un ángulo de 45°. Tensión apical (flechas azules). Tensión en cervical (flechas rojas) ²⁶.

De mayor a menor, los instrumentos que generan menor tensión al realizar presión en sentido vertical son: ProTaper Next[®], ProTaper Universal[®], Mtwo[®], Twisted File[®], One Shape[®] e instrumentos manuales ¹⁸.

Wave One[®] provoca altas tensiones en el tercio cervical del conducto, además de perder la forma original de éste (Figura 66 y 67).

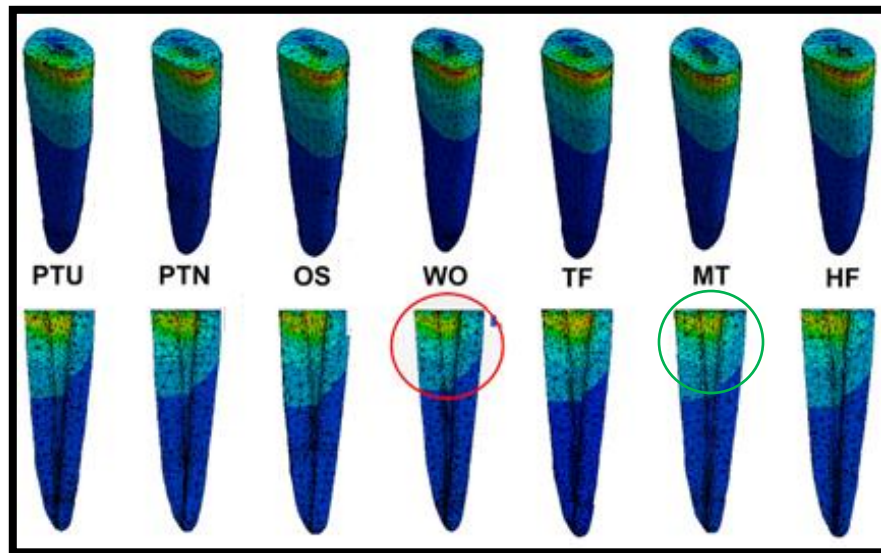


Figura 66. Distribución de las tensiones con presión vertical. Tensión de instrumentos Wave One® en tercio cervical (círculo rojo). Tercio cervical preparado con instrumentos Mtwo® (círculo verde) ²⁶.

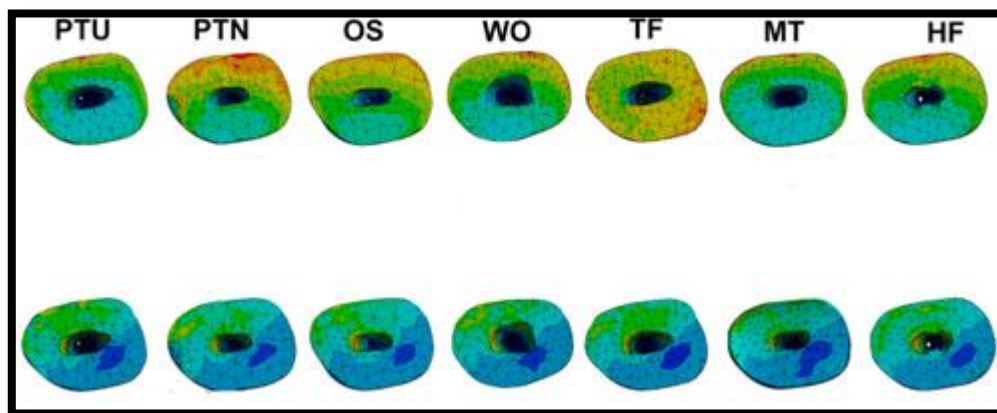


Figura 67. Forma oval de los conductos después de ser instrumentados. (arriba: 45°, abajo: vertical) ²⁶.

La preparación con diferentes sistemas rotatorios y distintas direcciones de carga tiene un efecto sobre la distribución de tensiones dentro del conducto radicular ¹⁸.



El Dr. Malagnino llevó a cabo un estudio comparativo entre la instrumentación con seis sistemas rotatorios (Twisted file[®], GT series X[®], Revo-S[®], RaCe[®], Mtwo[®], Protaper Universal[®]) e instrumentación manual, para lo cual se utilizaron 140 molares superiores con curvaturas aproximadas entre 30° y 40°. Los conductos que se trabajaron fueron los mesiovestibulares ¹⁹.

Se realizó el acceso a la cámara pulpar, se verificó la permeabilidad de los conductos y se emplearon instrumentos Flexofile[®] de acero inoxidable #15. Para la irrigación se utilizó hipoclorito de sodio al 2.5%. Todos los conductos en los cuales se ocuparon sistemas rotatorios, se instrumentaron a un calibre de 30/0.06 y en la instrumentación manual a 30/0.02 ¹⁹.

Como resultado se obtuvo que los instrumentos manuales Flexofile[®] y el sistema rotatorio ProTaper[®] provocaron una mayor transportación apical con la consecuente pérdida de longitud de trabajo real. El sistema Mtwo[®] obtuvo muy bajos niveles de transportación apical al igual que los demás sistemas rotatorios restantes. A nivel de la curvatura no se encontraron diferencias significativas entre los grupos ¹⁹.



CONCLUSIONES

En base a la investigación bibliográfica y los artículos revisados, el sistema Mtwo® ha demostrado ser eficiente para la limpieza y conformación de los conductos radiculares, proporcionando una conformación homogénea de los conductos en toda su longitud, además de ser una buena opción para la instrumentación teniendo el previo conocimiento del uso del sistema rotatorio, ya que es fácil de utilizar por su secuencia básica de instrumentación, la flexibilidad de los instrumentos y su baja frecuencia de separación al emplearlos correctamente debido al diseño que poseen, así como su sección transversal en forma de “S” itálica, menor tiempo de trabajo, entre otras de sus ventajas.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Leonardo M. R, Leonardo Renato de Toledo. SISTEMAS ROTATORIOS EN ENDODONCIA. São Paulo. Artes Médicas Latinoamérica. 2002. Pp.3 – 56.
2. Leonardo M.R. ENDODONCIA. TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES, PRINCIPIOS TÉCNICOS Y BIOLÓGICOS. São Paulo. Artes Médicas Latinoamérica. 2005. Pp. 690 – 706.
3. Estrela C. CIENCIA ENDODÓNTICA. 1ª edición. São Paulo. Artes Médicas Latinoamérica. 2005. Pp. 361 – 407.
4. Lima M.E. ENDODONCIA, DE LA BIOLOGÍA A LA TÉCNICA. São Paulo. AMOLCA. 2009. Pp.117 – 252.
5. Lima M.E. ENDODONCIA. CIENCIA Y TECNOLOGÍA. Tomo 1. São Paulo. AMOLCA. 2016. Pp. 207 – 212, 253 – 263.
6. Rao R. N. ENDODONCIA AVANZADA. Bogotá. AMOLCA. 2011. Pp. 141 – 179.
7. Canalda S. C, Brau A.E. ENDODONCIA. 3ª edición. Barcelona. Elsevier Masson.2014. Pp.157 - 193.
8. Bergenholtz G. ENDODONCIA. 2ª edición. México. Manual Moderno. 2011. Pp.169 – 191.
9. Cohen S. VÍAS DE LA PULPA. 10ª edición. España. Elsevier.2011. Pp. 229 – 239, 294 – 311.
10. Soares I.J. ENDODONCIA, TÉCNICA Y FUNDAMENTOS. 2ª edición. Buenos Aires. Editorial medica panamericana. 2012. Pp. 187 – 203.
11. Caviedes B. J. et al. Manejo de conductos curvos y estrechos con instrumentos rotatorios Mtwo. Endodoncia. Abril- Junio 2009; 27 (2): 86-92.



12. Hamze F. et al. Comparison of two canal preparation techniques using Mtwo Rotary Instruments. IEJ. 2011; 6 (4):150-154.
13. Ebrbardr I.C. Assessment of the separation incidence of Mtwo files used with preflaring: prospective Clinical study. JOE. August 2012; 38 (8): 1078-1081.
14. Ontiveros G. A. et al. Análisis de la transportación en el tercio apical utilizando la Técnica de Instrumentación de Fuerzas Balanceadas vs Sistema de Instrumentación Rotatoria Mtwo. Rev. ADM. Sep-Oct 2012; Vol. LXIX (5):226-232.
15. Hin E.S. et al. Effects of self-adjusting file. Mtwo, and Protaper on the root canal Wall. JOE. February 2013;39 (2): 262-264.
16. Sant´Anna A. et al. The efecto of larger apical preparations in the danger zone of lower molars prepared using the Mtwo and Reciproc systems. JOE. November 2014; 40 (11):1855-1859.
17. Aminsobhani M. Ex vivo comparison of M – two and RaCe rotary file systems in root canal desviation: one file only versus the conventional method. JDT. Julio 2015; 12 (7): 469 – 477.
18. Eken R. et al. Evaluation of the effect of rotary systems on stresses in a new testing model using a 3-dimensional printed simulated resin root with an oval-shaped canal: a finite element analysis study. JOE. August 2016: 42 (8): 1273 – 1278.
19. Celik D. Comparative study of 6 rotary nickel-titanium systems and hand instrumentation for root canal preparation in severely curved root Canals of extracted teeth. JOE. February 2013: 39 (2): 278 - 282.
20. Malagnino V.A. El sistema rotatorio M – two NiTi para preparación de conductos. Endodoncia. Enero – marzo 2008: 26 (1): 37 – 42.
21. http://www.es.vdw-dental.com/fileadmin/redaktion/z-es/downloads/Mtwo_user_brochure_es_rev8.pdf



BIBLIOGRAFÍA DE IMÁGENES

1. Lima M.E. ENDODONCIA. CIENCIA Y TECNOLOGÍA. Tomo 1. São Paulo. AMOLCA. 2016. Pp. 207 – 212, 253 – 263.
2. Leonardo M. R, Leonardo Renato de Toledo. SISTEMAS ROTATORIOS EN ENDODONCIA. São Paulo. Artes Médicas Latinoamérica. 2002. Pp.3 – 56.
3. Lima M.E. ENDODONCIA, DE LA BIOLOGÍA A LA TÉCNICA. São Paulo. AMOLCA. 2009. Pp.117 – 252.
4. Estrela C. CIENCIA ENDODÓNTICA. 1ª edición. São Paulo. Artes Médicas Latinoamérica. 2005. Pp. 361 – 407.
5. Rao R. N. ENDODONCIA AVANZADA. Bogotá. AMOLCA. 2011. Pp. 141 – 179.
6. Cohen S. VÍAS DE LA PULPA. 10ª edición. España. Elsevier.2011. Pp. 229 – 239, 294 – 311.
7. Bergenholtz G. ENDODONCIA. 2ª edición. México. Manual Moderno. 2011. Pp.169 – 191.
8. <http://www.es.vdw-dental.com/productos/obturaciones-de-conductos-radiculares/gutapercha/mtwo.html>
9. <http://www.sdpt.net/endodoncia/apertura1.htm>
10. <http://gsdl.bvs.sld.cu/cgi-bin/library?e=d-00000-00---off-0estomato--00-0---0-10-0---0---0direct-10---4-----0-1l--11-es-50---20-help---00-0-1-00-0-0-11-1-0utfZz-8-00&a=d&cl=CL1&d=HASH01d527521f8cc3e820bb145a.7.1.6.4>
11. <http://www.iztacala.unam.mx/rrivas/imagenes/acceso/exploradoruso.jpg>
12. <http://mapaodontologico.blogspot.mx/2011/09/instrumental-para-la-preparacion.html>
13. http://www.actaodontologica.com/ediciones/2007/4/tratamiento_endodontico_primer_premolar_superior.asp



14. http://www.dentallink.com.uy/images/stories/virtuemart/product/Gutta_Master_Obt_4d4060661122a.jpg
15. http://img.medicaexpo.es/images_me/photo-g/72098-129605.jpg
16. <http://www.sdpt.net/endodoncia/rxperi2.gif>
17. <http://www.sdpt.net/endodoncia/instrumerotatorioendodoncia.htm>
18. <http://www.sdpt.net/endodoncia/sistem18.jpg>
19. http://www.vdw-dental.com/uploads/pics/s11-0408_32.jpg
20. <https://www.dentaltix.com/sites/default/files/punta-activa-e-inactiva-lima-endodoncia-blog-dentaltix.jpg>
21. http://www.infomed.es/rode/mambots/content/mostthumb/thumbs/MTWO_7.png
22. http://www.es.vdw-dental.com/fileadmin/redaktion/z-es/downloads/Mtwo_user_brochure_es_rev8.pdf
23. Hamze F. et al. Comparison of two canal preparation techniques using Mtwo Rotary Instruments. IEJ. 2011; 6 (4):150-154.
24. Ontiveros G. A. et al. Análisis de la transportación en el tercio apical utilizando la Técnica de Instrumentación de Fuerzas Balanceadas vs Sistema de Instrumentación Rotatoria MTWO. Rev. ADM. Sep-Oct 2012; Vol. LXIX (5):226-232.
25. Sant´Anna A. et al. The efecto of larger apical preparations in the danger zone of lower molars prepared using the Mtwo and Reciproc systems. JOE. November 2014; 40 (11):1855-1859.
26. Eken R. et al. Evaluation of the effect of rotary systems on stresses in a new testing model using a 3-dimensional printed simulated resin root with an oval-shaped canal: a finite element analysis study. JOE. August 2016; 42 (8): 1273 – 1278.