



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

TÉCNICA DE PREPARACIÓN DE CONDUCTOS CON EL
SISTEMA TF[®] ADAPTIVE, 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:

CINTHIA PATRICIA ALCÁNTARA MEDINA

TUTOR: Esp. CARLOS TINAJERO MORALES

ASESORA: Esp. MARÍA DEL ROSARIO LAZO GARCÍA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



Dedicatorias y agradecimientos

Dedico este trabajo final de mi licenciatura llamado tesina a mi madre Patricia Medina Vázquez y hermana Stefany Alcántara Medina, a quienes amo mucho, porque gracias a ellas logré esta gran meta, que me formará para el resto de mi vida. Muchas gracias.

Agradezco a mi Universidad Nacional Autónoma de México, por ser mi orgullo, por crecer en ella y seguir asíéndolo, para así ser una gran profesionista.

Agradezco a todos mis maestros que me brindaron su conocimiento y en especial a la Esp. Mercedes Porras Ocampo porque creyó en mí, y me apoyo durante la clínica periférica, también al Esp. Enrique Rubín Ibarnea, por su apoyo en el seminario de titulación.

Agradezco a mi tutor Esp. Carlos Tinajero Morales por apoyarme en realizar mi tesina, que sin él no la hubiera podido concluir.

Agradezco al Mtro. Ricardo Ortiz Sánchez por ayudarme a gravar mi video en 3D.

Agradezco a mis amigos de la clínica periférica Aragón: en especial a Bogard Peñaloza por ayudarme y apoyarme en todos mis trabajos y a Sergio Manrique por ayudarme en mi presentación de foro de clínicas periféricas.

Agradezco a mi amigo Christian Nolasco por ayudarme y aguantar mi carácter durante la clínica periférica, en la clínica de adolescentes y niños.

Agradezco a mis amigas de la Facultad, Fernanda Alcántara y Sadek George, por estar siempre conmigo durante los cuatro años de la carrera.

Agradezco a Mauricio A. Rodríguez Patiño, mi novio querido, por ayudarme en la realización de esta tesina.



ÍNDICE

Introducción	5
Objetivos	7
Capítulos	
1. Aleación de níquel-titanio (NiTi).....	8
1.1. Propiedades mecánicas	8
1.1.1. Definición de términos	9
1.2. Composición y “memoria de forma”	11
1.3. Formas cristalográficas	14
1.4. Resistencia a la corrosión	15
2. Antecedentes y diseño de los sistemas rotatorios en endodoncia....	16
2.1. Antecedentes del níquel-titanio en Endodoncia	16
2.2. Diseño de los sistemas rotatorios.....	16
2.2.1. Ángulo helicoidal	20
2.2.2. Ángulo de incidencia	20
2.2.3. Conicidad o taper	21
2.2.4. Plano estabilizador radial.....	22
3. Fracturas de los instrumentos rotatorios.....	23
3.1. Fractura por fatiga flexural o cíclica.....	24
3.2. Fractura torsional.....	24
4. Sistemas rotatorios de NiTi.....	26
5. Movimientos mecanizados.....	30
5.1. Movimiento rotatorio continuo (360°)	30



5.1.1. Ventajas de la instrumentación con rotación cíclica	31
5.2. Movimiento recíprocante.....	31
6. Sistema TF [®] Adaptive.....	34
6.1. TF [®]	34
6.1.1. Tecnología de fase R	37
6.2. TF [®] Adaptive.....	39
6.2.1. Combinación de movimiento rotatorio continuo y recíprocante.....	42
6.2.1.1. Ventajas de la instrumentación con el movimiento continuo y recíproco.....	44
6.2.3. Tipo de motor (Elements Motor w/ contra angle) ..	45
6.2.4. Limas del sistema TF [®] Adaptive	46
6.2.5. Técnica de TF [®] Adaptive	46
6.3. Diferencias entre TF [®] y TF [®] Adaptive	54
Discusión	55
Conclusión	56
Referencias bibliográficas	57



INTRODUCCIÓN

Los instrumentos para la preparación de conductos radiculares en endodoncia, como se revisó en la bibliografía, nos demuestran que actualmente existe un sin número de instrumentos rotatorios endodóncicos, la gran mayoría fabricados con la mejor aleación hasta ahorita la cual es el níquel-titanio, ya que nos confiere una súper elasticidad y memoria de forma. Estas propiedades que le permiten regresar a su forma después de una deformación significativa, es la que lo distingue de otros metales como el acero inoxidable que sostiene la deformación permanente y conserva el cambio en la forma.

Hablaremos del sistema Twisted File (TF[®]) convencional describiendo sus características para que el lector pueda comparar entre el sistema Twisted File y el sistema Twisted File Adaptive (TF[®] Adaptive), tales como el diseño de las limas las limas TF[®] tienen conicidad del .04, .06, .08, y .10, y las limas del sistema TF[®] Adaptive presentan conicidad variable; también los instrumentos TF[®] convencionales realizan movimientos cíclicos de 360° en cambio el sistema TF[®] Adaptive además de realizar movimientos cíclicos realiza movimientos reciprocos con el element motor, dependiendo la dificultad de la anatomía del conducto.

La preparación de conductos radiculares con el sistema TF[®] Adaptive que describiremos en este trabajo nos adentrará a tener un conocimiento más amplio de sus características y de la técnica para su empleo sugerida por el fabricante. Entre otras características, cabe destacar que

Los instrumentos están fabricados de aleación de níquel-titanio, sometido a un proceso térmico Fase-R en el cual son obtenidos por



torsión los instrumentos, esta particularidad metalográfica, según el fabricante, nos garantizara una mayor flexibilidad y resistencia al estrés durante su uso en los conductos.

Este sistema viene en un paquete con tres instrumentos, con la codificación de colores (verde, amarillo y rojo) los cuales son un símil a un semáforo; verde nos indica continuar trabajando, amarillo continuar o detenernos, y rojo nos refiere detenernos; esta característica lo hace ser diferente a los demás sistemas rotatorios existentes. Además como ya se había mencionado es el único sistema actualmente que por medio de un motor especial realiza movimientos horario interrumpido y recíprocante al mismo tiempo, para así extraer el barro dentinario hacia la superficie externa del diente, y no proyectarlo hacia el periapice, es una gran ventaja que nos ofrece este sistema innovador para así lograr tener éxito en nuestro tratamiento de conductos radiculares.



OBJETIVOS

Describir las propiedades físicas y químicas de la aleación de níquel-titanio empleada en la fabricación del sistema rotatorio de níquel-titanio Twisted File Adaptive para la conformación de conductos radiculares.

Descripción e indicaciones de uso del sistema Twisted File Adaptive para la preparación de conductos radiculares.

Visualización en 3D de la técnica de preparación de conductos con el sistema Twisted File Adaptive.



TÉCNICA DE PREPARACIÓN DE CONDUCTOS CON EL SISTEMA TWISTED-FILE[®] ADAPTIVE, EN 3D.

CAPÍTULO 1. ALEACIÓN DE NÍQUEL-TITANIO (NITI)

El Nitinol (Ni Ti), fue descubierto por casualidad por Buehler y Wang en 1963 para la Naval Ordnance Laboratory, en Silverspring, Maryland, Estados Unidos, intentando encontrar una aleación no magnética, resistente al agua y a la sal, para uso naval (1). La aleación que descubrieron se denominó “Nitinol”, un acrónimo de los elementos que la conforman: Ni de níquel, ti de titanio y nol por Naval Ordnance Laboratory (Nitinol); la misma aleación había sido fabricada en Shanghái, China, desde 1979 como “Nitalloy”, que contiene 56% de níquel y 44% de titanio, la aleación se caracteriza por tener la propiedad de ser superelástica y poseer memoria de forma además de resistencia a la corrosión. (2, 9)

1.1. Propiedades mecánicas

El módulo de elasticidad del níquel-titanio (Nitinol) es de 41.4×10^3 MPa (6.0×10^6 psi), la fuerza producida es de 427 MPa (62 000 psi) y la fuerza tensional última es de 1 489 MPa (216 000 psi). Estas propiedades originan resistencias muy bajas en comparación con aleaciones similares de acero inoxidable. (7)



1.1.1. Definición de términos

Resistencia mecánica

Es la propiedad física que representa la capacidad de los materiales en resistir el sometimiento externo estático o dinámica, sin presentar fracturas. ⁽¹⁰⁾

Fuerza

Magnitud vectorial que, cuando es aplicada a un cuerpo, deforma o tiende a cambiar su estado de reposo o movimiento. ⁽¹⁰⁾

Flexibilidad

Fuerza que se utiliza para provocar una flexión en un cuerpo. Es inversamente proporcional a la fuerza, es decir, a mayor flexibilidad de un cuerpo, menor es la fuerza necesaria para provocar la flexión. ⁽¹⁰⁾

Rigidez

Capacidad de un material para resistir las cargas sin sufrir deformaciones. Es medida por el módulo de elasticidad: a mayor elasticidad, mayor rigidez. ⁽¹⁰⁾

Elasticidad

Capacidad del material para sufrir deformaciones elásticas o no permanentes. ⁽¹⁰⁾

Deformación elástica

Se produce cuando la deformación existe durante la aplicación de la carga, desapareciendo después de aplicar la misma. La deformación es proporcional a la tensión, que es la fuerza necesaria para provocarla (*figura 1. Intervalo A de la gráfica*).⁽¹⁰⁾

Deformación plástica

Se produce cuando la deformación persiste en el material después de aplicar la carga, es decir, se crea una deformación permanente en el instrumento (*figura 1. Intervalo C de la gráfica*).⁽¹⁰⁾

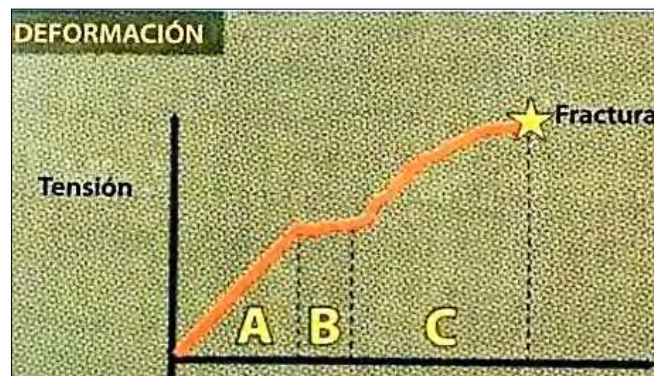


Fig. 1 Gráfica: Tensión-deformación de una aleación (Fuente: Nawgeswar R.)⁽⁹⁾

Plasticidad

Capacidad que tiene el material para sufrir grandes deformaciones permanentes, sin alcanzar la ruptura. Permite evaluar la capacidad de trabajo mecánico que el material puede soportar, conservando por lo tanto su integridad física. Dependiendo de la fuerza aplicada, la plasticidad recibe el nombre de maleabilidad o ductilidad.⁽¹⁰⁾



Fragilidad

Capacidad de un material para resistir las deformaciones permanentes, sin ruptura, cuanto menos frágil, más resistente. Es lo opuesto a la plasticidad. Los instrumentos más frágiles presentan poca o ninguna deformación plástica antes de la ruptura. ⁽¹⁰⁾

Resiliencia

Capacidad de un material a resistir las cargas sin sufrir deformaciones permanentes, es decir, ser capaz de deformarse y volver a su forma original (ej. resortes). ⁽¹⁰⁾

Tenacidad

Capacidad de un material a resistir las cargas y sufrir grandes deformaciones sin llegar a la ruptura. ⁽¹⁰⁾

Dureza

Capacidad de un material a resistir la penetración, ranuración, corte, abrasión. ⁽¹⁰⁾

Resistencia a la abrasión

Resistencia de un material al desgaste, por atrición. ⁽¹⁰⁾

1.2. Composición y “memoria de forma”

La aleación Nitinol original contiene 55% de Ni y 45% de Ti, lo cual origina una relación atómica de 1:1. El principal rasgo distintivo de esta aleación es el fenómeno de “memoria”, el cual es resultado de la temperatura que induce transformaciones cristalográficas. Después de

establecer una forma a temperaturas cercanas a los 482°C (900°F), el alambre enfriado puede ser deformado a una forma permanente. El subsecuente calentamiento a una temperatura de transición más baja provoca que el alambre adquiera su forma original. ⁽⁷⁾

La aleación “con memoria de forma” de níquel-titanio existe como dos estructuras cristalinas dependientes de la temperatura llamadas martensita (fase de menor temperatura o fase hija) y austenita (fase de mayor temperatura o fase progenitora) La estructura cristalina puede modificarse mediante temperatura o esfuerzo. Esto es importante porque ambas formas difieren notablemente en varias propiedades. ⁽³⁾

Desde el punto de vista práctico, el NiTi puede tener tres formas distintas: martensita, martensita inducida por esfuerzo (superelástica) y austenita (figura 2). Cuando el material se encuentra en la forma martensítica, es blando y dúctil, y puede deformarse con facilidad. El NiTi superelástico es, como su nombre indica, altamente elástico (como caucho), mientras que el NiTi austenítico es muy rígido y duro. ⁽³⁾

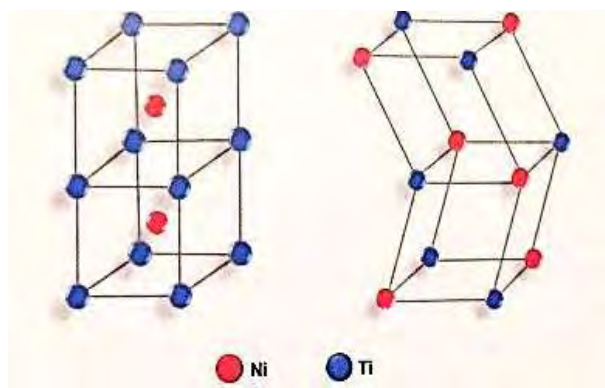


Fig. 2 Transformación espacial de austenita en martensita en el níquel-titanio. (Fuente: Lopreite G.) ⁽¹²⁾

La súper elasticidad del NiTi se debe a la martensita inducida por estrés. Debido a el estrés externo que se genera se forma martensita a temperaturas más altas que de la transición. Cuando es liberado el estrés externo, la martensita se trasforma en austenita y el espécimen regresa a su forma original. Como resultado, el NiTi súper elástico puede deformarse algunas veces más que las aleaciones de metal ordinarias sin deformarse y con una fuerza menor (módulo elástico menor) (figura 3).⁽³⁾

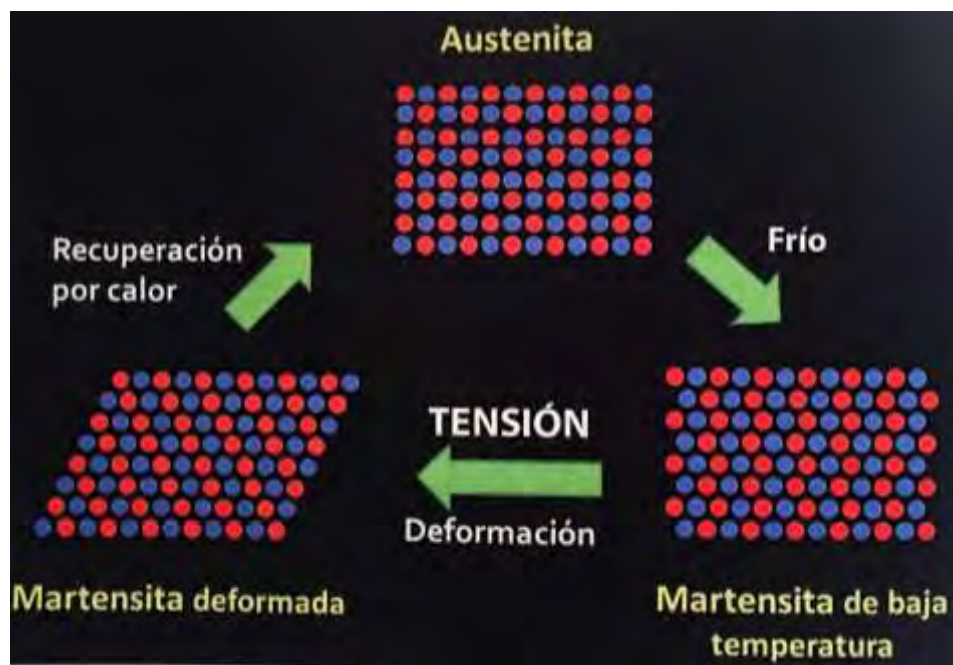


Fig. 3 Diagrama que representa el efecto de memoria de forma de la aleación de NiTi (Fuente: Lopreite G.)⁽¹²⁾



1.3. Formas cristalográficas

Como el acero inoxidable y el Nitinol puro tiene formas cristalográficas diferentes a altas y bajas temperaturas, por debajo de 885°C (1625°F), el compactado hexagonal (HCP) o el enrejado alfa es estable, mientras que a temperaturas más altas, el metal adquiere la estructura cúbica centrada en el cuerpo (BCC) o de cristal beta.⁽⁷⁾

La estructura cristalina característica de la fase austenítica en las aleaciones con memoria de forma de NiTi se designa estructura B2 y corresponde a una estructura cúbica centrada en el cuerpo, donde los átomos de Ni ocupan el centro de la red (en blanco en la figura 4), mientras que los átomos de Ti están alrededor (en negro en la figura).⁽¹⁵⁾

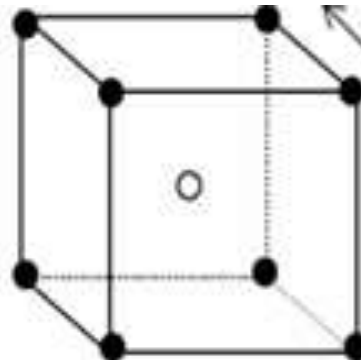


Fig. 4 Estructura B2 (también llamada estructura BCC) característica de la austenita en las aleaciones con memoria de forma NiTi (Fuente: UNAM, FES-CUAUTILÁN, INGENIERIA)⁽¹⁵⁾

La estructura cristalina de la fase martensítica en las aleaciones NiTi, se designa estructura B19' monocíclica la cual es una estructura tetragono centrada. La fase martensítica de las aleaciones NiTi tiene propiedades únicas que pueden hacer de esta aleación un material ideal para muchas

aplicaciones. La forma martensítica de las aleaciones NiTi tiene una remarcable resistencia a la fatiga y puede ser fácilmente deformable (figura 5).⁽¹⁶⁻¹⁷⁾

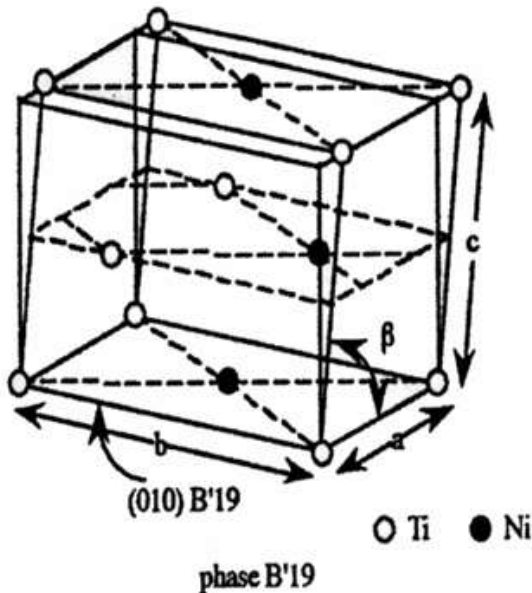


Fig. 5 Esquema de la fase martensítica B19' en el sistema NiTi (Fuente: Universitat Balears, Departament de Física)⁽¹⁶⁾

1.4. Resistencia a la corrosión

La aleación de NiTi tiene excelente resistencia a la corrosión y estabilidad en el medio circundante. Este hecho ha estimulado el uso de las aleaciones de titanio en el proceso químico, así como en apariciones biológicas que abarcan válvulas del corazón, implantes de cadera y dentales, aparatos de ortodoncia y en limas endodóncicas.⁽⁷⁾



CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES Y DISEÑO DE LOS SISTEMAS ROTATORIOS EN ENDODONCIA

2.1. Antecedentes del níquel-titanio en Endodoncia

La primera investigación del níquel-titanio (NiTi) en endodoncia fue reportada por Walia Brantley y Gerstein en 1988, encontraron que el 60-Nitinol es mejor para la fabricación de los instrumentos cortantes rotatorios y manuales resistentes a la corrosión, tras utilizar alambre ortodóncico de Nitinol para fabricar limas manuales del número 15, las cuales mostraban de 2 a 3 veces mayor flexibilidad elástica a la flexión y torsión, y una resistencia superior a la fractura torsional cuando se las comparaba con instrumentos similares de acero inoxidable. ^(2, 9)

2.2. Diseño de los sistemas rotatorias

Debido a la súper elasticidad del níquel-titanio, decrece la relación entre el diámetro del instrumento y rigidez, esto ha hecho posible el uso de limas rotatorias con conicidad de dos a seis veces (y mayor diámetro). ⁽³⁾

Estas limas rotatorias están fabricadas principalmente para uso en pieza de mano de tención controlada y velocidad constante (rpm). ⁽³⁾

Aparte de su variación en conicidad, las limas rotatorias existentes de NiTi tienen varios diseños en su eje. El diseño del eje está adaptado para rotación continua (figura 6). ⁽³⁾

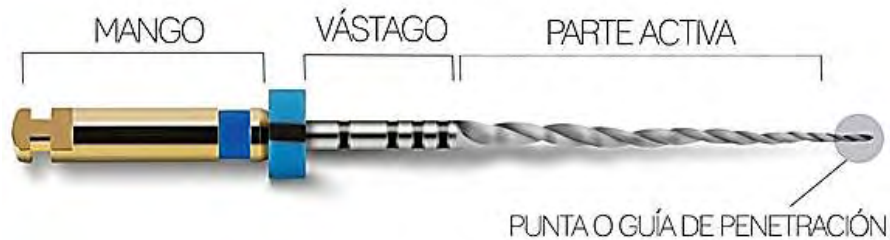


Fig. 6 Componentes generales de una lima mecanizada. (Fuente: Dentaltix) ⁽¹⁸⁾

La mayoría de los sistemas varían en su forma, ya que modifican los bordes cortantes y varía la profundidad de las muescas, ángulo helicoidal y conicidad para evitar que el instrumento se deforme en la pared del conducto. ⁽³⁾

Respecto a la punta del instrumento, la mayoría de las limas contemporáneas, manuales y motrices tiene un diseño de punta no agresivo y debe haber poca preocupación por la geometría de la punta en la selección de las limas (normas ISO/ANSI) (figura 7). La mayoría de las limas rotatorias de NiTi tiene puntas romas no cortantes que sirven como guía dentro del conducto. ⁽³⁾

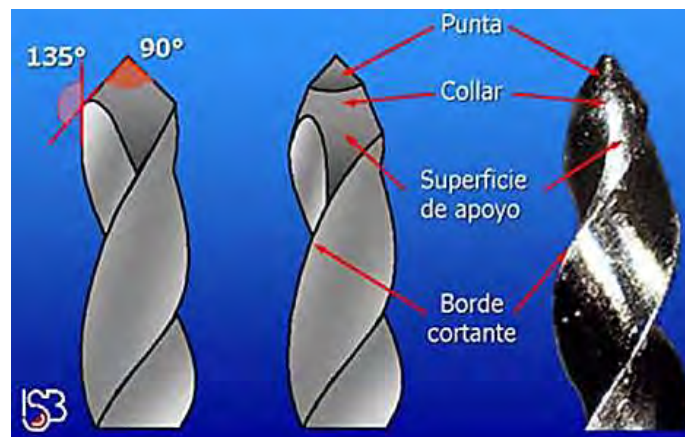


Fig. 7 Diseños de punta en limas de endodoncia (a) punta activa, (b) punta no cortante. .

(Fuente: endodoncia-blanquel) ⁽²⁰⁾



A diferencia de la punta, el eje del instrumento retiene su acción cortante; sólo se modifica el ángulo de transición en D1. Con respecto al tamaño de la punta, la mayoría de los fabricantes de instrumentos rotatorios de NiTi hacen uso de incrementos reales (en 50 μ m), igual que las normas estándar usadas para la producción de limas manuales de acero inoxidable. ⁽²⁰⁾

La superficie de los instrumentos de NiTi no es homogénea (Serene y col.), encontraron que los bordes cortantes eran más blandos que el centro del instrumento. Como con las limas de acero inoxidable, las de NiTi se gastan significativamente con el uso en la dentina. La esterilización también tiene un efecto negativo. Los ciclos repetidos en el autoclave disminuyen el desempeño de las limas de NiTi alterando su estructura bajo la superficie. Por otro lado, la presencia de hipoclorito de sodio alrededor del instrumento por menos de 30 a 60 min no causó ninguna corrosión o diferencia en la eficiencia al cortar. La eficiencia al cortar también depende de la forma de las estrías. Una profunda permite el transporte de más restos durante la acción de la lima. De esta forma, la eficiencia al cortar está relacionada con la efectividad al limpiar. ⁽³⁾

Las nuevas limas de níquel-titanio accionadas con motor, presentan mayor conicidad en la parte activa con aumentos que van de 0.02 a 0.12mm por milímetro de longitud. Con esta presentación, las limas al momento que son introducidas y accionadas a motor en el interior del conducto radicular, girando 360° en sentido horario, con velocidad constante y en sentido corono apical (*Crown-Down*), van a provocar limpieza, remoción del contenido séptico, restos orgánicos y limallas dentinarias hacia la cámara pulpar, y simultáneamente van a determinar

2.2.1. Ángulo helicoidal

Es muy importante para la eficacia de corte, si el ángulo helicoidal es uniforme, la eficacia del corte es menor. Los instrumentos que tienen ángulos helicoidales variables poseen una mejor eficacia de corte. ⁽¹⁰⁾

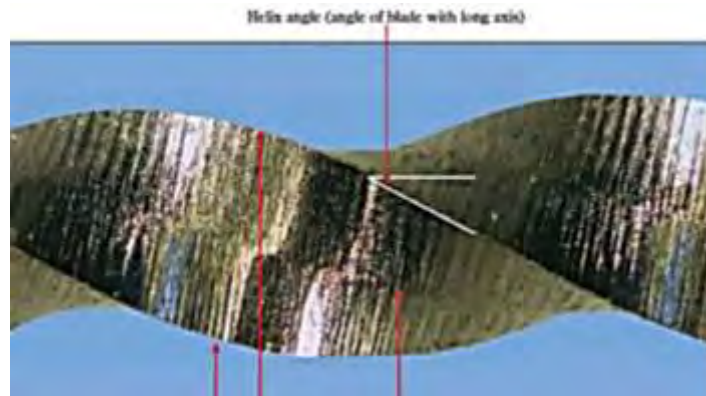


Fig. 8 Ángulo helicoidal (Fuente: McSpadden J.) ⁽¹³⁾

2.2.2. Ángulo de incidencia

Es el ángulo formado por las aristas anteriores y el eje largo de la lima. Si el ángulo formado por la arista anterior y la superficie a ser cortada (su tangente) es obtuso, se dice que el ángulo de corte es positivo o cortante. Si el ángulo formado por la arista anterior y la superficie a ser cortada es agudo, se dice que el ángulo de incidencia es negativo o de raspado. El ángulo de incidencia ligeramente positivo aumenta la eficacia cortante y un gran incremento en los valores del ángulo de incidencia positivo puede dar lugar a la resistencia o penetración de la superficie a ser cortada. El ángulo de incidencia es equilibrado para aumentar la eficacia cortante (figura 9). ⁽¹⁰⁾

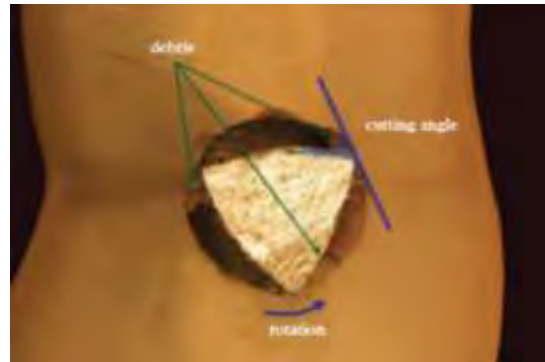


Fig. 9 Ángulo de incidencia (Fuente: McSpadden J.)⁽²⁰⁾

2.2.3. Conicidad o taper

Las limas K manuales de acero inoxidable (ISO) tienen una conicidad de 0.02 mientras que los instrumentos rotatorios de NiTi tienen una conicidad que oscila entre 0.02 a 0.12. El problema de las conicidades incrementales constituye una controversia ya que algunos investigadores consideran que se produce una remoción de estructura dentaria innecesaria con las conicidades crecientes. La conicidad del instrumento que se seleccionará debe estar basado en la morfología del sistema de conductos radiculares.⁽¹⁰⁾

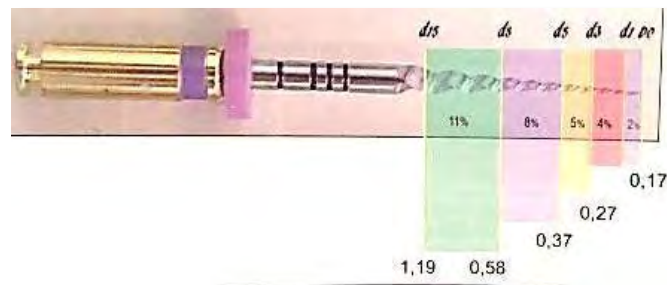


Fig. 10 Instrumento S1 de la serie ProTaper Universal (Dentsply-Maillefer), ejemplo de conicidades variables. (Fuente: Loppreite G.)⁽¹²⁾

2.2.4. Plano estabilizador radial

El plano estabilizador radial o apoyo radial, acentúa la capacidad de centrado del instrumento en el conducto. El plano estabilizador radial y la punta no-cortante juntos reducen las probabilidades de transporte del conducto (figura 11).⁽¹⁰⁾

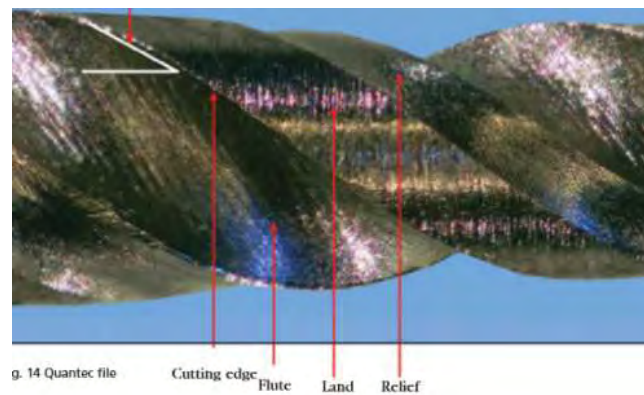


Fig. 11 Plano radial (McSpadden J.)⁽¹³⁾



CAPÍTULO 3. FRACTURAS DE LOS INSTRUMENTOS ROTATORIOS

La fractura simple es la separación de un cuerpo en dos o más trozos como respuesta a una torsión estática constante o lentamente variable en el tiempo, a temperaturas menores que la temperatura de fusión del material, que para el caso del NiTi es de 1300°C. Las tensiones aplicadas, generadoras de la falla, pueden ser de tracción, de compresión, de torsión o de corte. ⁽¹²⁾

La fractura puede ser frágil o dúctil, y su naturaleza dependerá de la capacidad del material de experimentar deformaciones plásticas. ⁽¹²⁾

La apariencia de la superficie de fractura es indicativa de su naturaleza. Para una fractura dúctil, esta superficie se observa fibrosa. Por el contrario, una superficie totalmente frágil tiene una textura granular condicionada por la dirección del clivaje. ⁽¹²⁾

Un material que padece una fractura frágil se caracteriza por sufrir pequeñas deformaciones plásticas y absorber pobremente la energía. Las fisuras se extienden muy rápidamente, con una mínima deformación plástica. Éstas son inestables y, una vez iniciadas, se propagan de manera espontánea y veloz, sin que medie un incremento de las tensiones aplicadas. Es decir, se trata de fracturas peligrosas, ya que ocurren de forma repentina. ⁽¹²⁾



3.1. Fractura por fatiga flexural o cíclica

Es causada por stress y la propia fatiga del metal. Con este tipo de fractura, el instrumento gira libremente en un conducto acentuadamente curvo, en la misma longitud de trabajo; de esta manera, el instrumento se dobla en la curva y ocurre la fractura, siendo este hecho considerado de elevada importancia en relación con la fractura de los instrumentos de níquel-titanio. ⁽¹⁴⁾

En las fracturas por fatiga es preciso examinar no sólo la superficie de fractura, sino también toda la pieza, en busca de deformaciones. ⁽¹²⁾

Es necesario tener en cuenta que algunas características de una superficie de fractura pueden confundirse con estrías de fatiga. Es decir, pueden existir ondulaciones debidas a una gran deformación plástica, que a primera vista parecen estrías. También si la tensión cíclica aplicada tiene un componente de compresión, se suelen observar marcas de frotamiento. Aunque éstas indican un mecanismo cíclico, no corresponden a estrías de fatiga. ⁽¹²⁾

3.2. Fractura torsional.

Una fractura por torsión ocurre cuando la punta de la lima o cualquier parte del instrumento, es retenida en el conducto radicular, al tiempo que su eje continúa en rotación. ⁽¹⁴⁾

En esta situación, se sobrepasa el límite de elasticidad del metal, lo cual lo conduce a una deformación plástica y, posteriormente, a la fractura. ⁽¹⁴⁾

El stress de torsión ocurre en tres situaciones clínicas:

1. Cuando una superficie extensa del instrumento encuentra excesiva fricción sobre las paredes del conducto.
2. Cuando la punta del instrumento es mayor que la sección del conducto.
3. Cuando se ejerce demasiada presión hacia apical sobre la pieza de mano. ⁽¹⁴⁾

Estudios realizados por Sattapan et al. sobre instrumentos descartados del uso clínico indican que la fractura torsional ocurre en el 55% de los casos. Este tipo de fractura es producto de la excesiva fuerza de presión que se ejerce sobre un instrumento en sentido apical, y ocurren con más frecuencia que las fracturas por flexión. ⁽¹²⁾

La fractura suele suceder a una intensa deformación plástica, y se caracteriza por una lenta propagación de una fisura o grieta. La fragilidad es una característica de los materiales que poseen una estructura cúbica centrada en el cuerpo y de tipo hexagonal (figura 12). ⁽¹²⁾

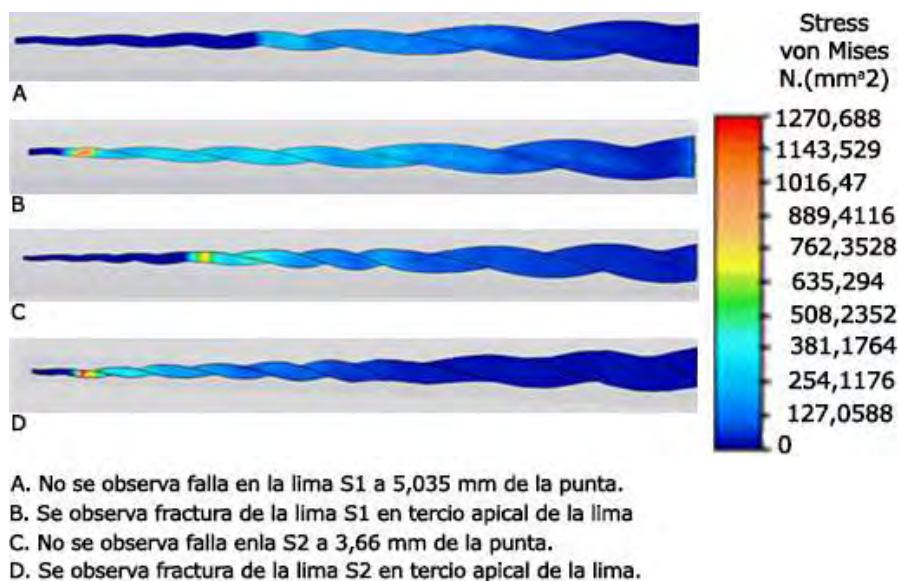


Fig. 12 Resultados de los esfuerzos de Von Mises (Fuente: revestomatologia) ⁽²³⁾



CAPÍTULO 4. SISTEMAS ROTATORIOS DE NiTi

El sistema **ProTaper** (Denstply-Maillefer) su diseño con corte activo, carente de áreas radiales de reposo, remueve más selectivamente la dentina y permite la recolocación coronal. Sin embargo, la manipulación meticulosa de esta lima es, esencial para conseguir el efecto en particular y evitar la perforación. Después del preensanchado coronal se usan las limas rotatorias de NiTi en una secuencia corono-apical (coronal a apical) hasta 3 o 4 mm de la longitud de trabajo como se calcula en las radiografías bien anguladas. Un primer concepto adopta el uso de una conicidad constante (típicamente 0.06) mientras se reduce el tamaño en la secuencia, en tanto que el concepto de variabilidad de la conicidad de las limas cambia de esta forma la secuencia de instrumentación del conducto con o sin cambiar el tamaño de la punta. Esto último maximiza la eficiencia de corte aumentando la fuerza por unidad de área de la lima en contra de la pared del conducto, mientras que con el primero se corre el riesgo de una detención de la conicidad. Siguiendo con esta idea, se introdujo la **ProTaper** (Denstply-Maillefer), un diseño de NiTi que combina conicidades progresivas múltiples dentro del mismo eje. Una vez que está completa la determinación de longitud del trabajo y establecido el patrón de deslizamiento, se continúa la delicada preparación de la porción apical con limas rotatorias de NiTi. ⁽³⁾

Algunos sistemas fomentan el uso de conificadores hasta 8 o 10%, mientras que limitan el tamaño de la punta (p. ej., tamaño 20 para los conductos pequeños). Sin embargo, la mayoría de los conceptos inicia con limas al 4%, que gradualmente incrementan su tamaño de la punta



hasta el diámetro apical final. En seguida, se termina el cuerpo de la preparación con limas con conicidad al 6%.⁽³⁾

El sistema **LightSpeed** (SybronEndo), éste sistema incorpora un eje flexible con una cabeza cortadora pequeña. Como resultado del diseño no cónico, el ensanchamiento se puede lograr solo usando una secuencia inversa con numerosos tamaños de instrumento u otra lima con conicidad aumentada para refinar las paredes del conducto radicular antes de la obturación.⁽³⁾

Los instrumentos originales **ProFile** (Denstply-Maillefer) fueron algunos de los primeros instrumentos rotatorios de NiTi en el mercado. Su forma está hecha por tres surcos en forma de U alrededor de un eje de alambre cónico de NiTi. En su diseño "clásico", un espacio permanece sin afilar proveyendo un "área radial segura. En cambio, algunos de los instrumentos actuales muestran bordes cortantes (actuando activamente) como resultado de su diseño triangular. Tales instrumentos, llamados **ProTaper** (Denstply-Maillefer), también combinan conicidades progresivas múltiples en el mismo eje. El ángulo de arrastre existente puede verificarse según el diseño del eje. Este ángulo puede verse como el que existe entre el borde que encabeza una herramienta cortante y una línea perpendicular a la superficie a cortar. Este ángulo puede ser negativo, neutral o positivo. En general, los instrumentos endodóncicos convencionales tienen un ángulo de arrastre ligeramente negativo y la mayoría de limas de NiTi rotatorias tienen un ángulo ligeramente negativo o neutral.⁽³⁾

El diseño de la lima del sistema **LightSpeed** (SybronEndo), esta modificada de manera que una zona cortante pequeña permanece apicalmente, el llamado diseño de acción apical. Las limas se usan para



la preparación apical y no cortan en la mayoría de la longitud del conducto por la existencia de un eje liso y paralelo de pequeño diámetro que también incrementa la flexibilidad del instrumento. Estos instrumentos preparan la porción apical con menos arrastre y menos remoción de dentina que otros. No obstante, como con otros instrumentos de NiTi, hay riesgos de fractura y es necesario entrenamiento especial ⁽³⁾.

En general, los sistemas rotatorios de NiTi postulan el preensanchado de la porción coronal del conducto radicular y recolocación de los orificios del conducto con las fresas de Gates-Glidden antes de una instrumentación más profunda. El preensanchado también puede llevarse a cabo con limas rotatorias de NiTi como los abridores de orificios o con limas accesorias del sistema. Estos instrumentos para la configuración inicial tienden a producir preparaciones centradas, sin embargo; es más difícil obtener la recolocación anticurvatura del orificio del conducto. Parece que algunos de los nuevos sistemas se comportan diferente (**p. ej., ProTaper**). Su diseño con corte activo, carente de áreas radiales de reposo, remueve más selectivamente la dentina y permite la recolocación coronal. Sin embargo, la manipulación meticulosa de esta lima es, esencial para conseguir el efecto en particular y evitar la perforación. Después del preensanchado coronal se usan las limas rotatorias de NiTi en una secuencia corono-apical (coronal a apical) hasta 3 o 4 mm de la longitud de trabajo como se calcula en las radiografías bien anguladas. Un primer concepto adopta el uso de una conicidad constante (típicamente 0.06) mientras se reduce el tamaño en la secuencia, en tanto que el concepto de variabilidad de la conicidad de las limas cambia de esta forma la secuencia de instrumentación del conducto con o sin cambiar el tamaño de la punta. Esto último maximiza



la eficiencia de corte aumentando la fuerza por unidad de área de la lima en contra de la pared del conducto, mientras que con el primero se corre el riesgo de una detención de la conicidad. Siguiendo con esta idea, se introdujo la **ProTaper**, un diseño de NiTi que combina conicidades progresivas múltiples dentro del mismo eje. Una vez que está completa la determinación de longitud del trabajo y establecido el patrón de deslizamiento, se continúa la delicada preparación de la porción apical con limas rotatorias de NiTi. Algunos sistemas fomentan el uso de conificadores hasta 8 o 10%, mientras que limitan el tamaño de la punta (p. ej., tamaño 20 para los conductos pequeños). Sin embargo, la mayoría de los conceptos inicia con limas al 4%, que gradualmente incrementan su tamaño de la punta hasta el diámetro apical final. En seguida, se termina el cuerpo de la preparación con limas con conicidad al 6%. En general, todos los sistemas rotatorios de NiTi tienen un método comparable. Ya que existen diferencias importantes, es aconsejable seguir las instrucciones específicas que ofrece cada fabricante. ⁽³⁾

El **sistema LightSpeed** amerita mayores consideraciones. Este sistema incorpora un eje flexible con una cabeza cortadora pequeña. Como resultado del diseño no cónico, el ensanchamiento se puede lograr solo usando una secuencia inversa con numerosos tamaños de instrumento u otra lima con conicidad aumentada para refinar las paredes del conducto radicular antes de la obturación. ⁽³⁾



CAPÍTULO 5. MOVIMIENTOS MECANIZADOS

5.1. Movimiento rotatorio continuo (360°)

El movimiento cíclico es un tipo de movimiento muy común. Lo experimentan, por ejemplo, un disco que gira sobre su eje, una noria, las agujas de un reloj, las paletas de un ventilador, etc. ⁽¹²⁾

En un disco en rotación alrededor de un eje fijo, cualquiera de sus puntos describe trayectorias circulares, realizando un cierto número de vueltas durante determinado intervalo de tiempo. ⁽¹²⁾

El movimiento circular de una partícula o cuerpo rígido se puede describir según los valores de velocidad y aceleración, que son magnitudes vectoriales. Para la descripción de este movimiento, resulta conveniente referirse a los ángulos recorridos, ya que éstos son idénticos para todos los puntos de circunferencia en relación con un mismo centro. ⁽¹²⁾

Manteniéndose constantes la velocidad angular, el vector velocidad de un determinado punto aumenta a medida que se aleja del centro. ⁽¹²⁾

En el movimiento circular uniforme, la velocidad angular (ω) es constante, con lo cual la aceleración angular es nula. Es decir, se describe como el movimiento de un cuerpo con rapidez constante y trayectoria circular. ⁽¹²⁾

La fuerza de torsión es el resultado de un esfuerzo tangencial que se aplica al elemento que gira, sea un instrumento en rotación, un destornillador o una llave de tuercas. Esta magnitud se conoce como “torque” y se expresa en unidades de fuerza por distancia. En el sistema métrico, su expresión es:



Torque=fuerza x distancia

Torque=newton x metro

$T=Nm$

5.1.1. Ventajas de la instrumentación con rotación cíclica

La instrumentación rotatoria mecanizada proporciona un giro contante de 360° en sentido horario. Esta cinemática brinda una mayor y más veloz capacidad de movilizar, recoger y eliminar residuos -producidos por la preparación del interior del sistema de conductos- en dirección coronaria de las anfractuosidades del conducto, las ramificaciones y el foramen apical. ⁽¹²⁾

Un determinado instrumento en rotación constante de aproximadamente 300 a 350 rpm ofrece resultados mucho más rápidos que los obtenidos por el mismo instrumento cuando es empleado con movimientos más lentos, intermitentes o inconstantes, propios de la instrumentación manual. ⁽¹²⁾

Uno de los empleos que favorecen a las técnicas mecanizadas, es la rapidez en la preparación del conducto. En contraposición a esta desventaja, los movimientos repetitivos de frecuencia alta producen en los instrumentos la pronta acumulación de estrés por fatiga. ⁽¹²⁾

5.2. Movimiento recíprocante

El movimiento recíprocante en sentido horario-antihorario fue propuesto por Yared para ser empleado con instrumentos de níquel-titanio diseñados para la preparación continua. Gambarini *et.al.*, De Deus *et.*



al., y *You et. al.*, entre otros autores, coinciden en que el movimiento recíproco reduce el estrés de los instrumentos y colabora a extender su resistencia a la fatiga cíclica durante la preparación de conductos estrechos o con curvaturas que la ponen a prueba. ⁽¹²⁾

Existen dos tipos de movimientos recíprocos: los simétricos –con igual longitud de arco en ambos sentidos- y los asimétricos –con diferencias entre los movimientos horario - antihorario. ⁽¹²⁾

Se ha producido una evolución del movimiento horario - antihorario, inicialmente de misma amplitud, hacia un tipo de movimiento de mayor longitud en una dirección y menor longitud en recuperación inversa. Esto termina generando un giro completo del instrumento posterior a la cantidad de combinaciones de ciclos (giros y contragiros) del movimiento reciprocante. ⁽¹²⁾

La composición de un movimiento reciprocante realizado con instrumentos de helicoide convencional de giro hacia la derecha se puede describir de la siguiente manera: en el movimiento horario se produce un ángulo de corte amplio que engancha y corta la dentina con tendencia a la introducción del instrumento; en el movimiento anti-horario se genera un ángulo liberador de menor amplitud que desengancha el instrumento y mueve los detritus y los demás productos de la preparación. ⁽¹²⁾



	Tipo de movimiento	Recurso Empleado	Giro continuo en sentido horario	Reciprocante	
				Sentido Horario	Sentido Antihorario
M4	Oscilatorio	Pieza de mano	No	30°	30°
Yared	Oscilatorio	Motor Tecnika	Regulable	144°	72°
AET	Oscilatorio	Pieza de mano	No	30°	30°
WveOne	Reciprocante	Motor E3	Regulable	30°	150°
Reciproc	Reciprocante	Motor Reciproc	Regulable	50°	170°
TF Adaptive	Continuo reciprocante	Motor Elements	600°-0°	370°	50°

Tabla 1. Movimientos recíprocos. (Fuente: Lopreite G.) ⁽¹²⁾



CAPÍTULO 6. SISTEMA TF[®] ADAPTIVE

6.1. TF[®]

Las limas Twisted son las únicas del mercado fabricadas del mismo modo que las de acero inoxidable, girándolas hasta que alcanzan su forma. Esto se realiza durante el ciclo térmico que se transforma en la Fase R. El resultado es una superficie de lima suave y continua. Todas las demás limas de NiTi se forjan para darles forma. El proceso de mecanización lleva a mecanizar las estrías en la superficie de la lima. ⁽⁵⁾

La rotura de la lima siempre comienza por el enlace más débil. Estas estrías de la superficie de mecanizado sirven como puntos de inicio de grietas y, posiblemente, llevan a la fractura de la lima. Además del giro, las limas Twisted se someten después a un proceso de desoxidación de superficie para una suavidad superficial todavía mayor. La sección transversal de las limas Twisted es triangular (figura 13). Esto provoca un corte eficaz de la dentina, lo cual nos permite utilizar la misma lima como ensanchador y más adelante como lima Hedstroem para un cepillado lateral eficaz. La configuración del ángulo de las limas Twisted varía a lo largo de la lima en vez de ser constante. De este modo se reduce el efecto de «succión» y se crea un seguimiento suave durante la preparación del conducto radicular. ⁽⁵⁾



Fig. 13 Corte transversal de los Instrumentos TF[®]. (Lopreite G.) ⁽¹²⁾

La punta de las limas Twisted constituye un piloto de extremo seguro no cortante. La punta guía y no excava, lo cual ayuda a reducir las incidencias del transporte del conducto. ⁽⁵⁾

Estos instrumentos se fabrican mediante un instrumento de torsión especialmente desarrollado, a partir de alambre facetado de aleación de NiTi Fase-R. El resultado de la modificación de la estructura cristalina mediante procedimiento termomecánico maximiza la flexibilidad y la resistencia del instrumento a la rotura por torsión. ⁽¹¹⁻¹²⁾

Poseen sección triangular, punta inactiva, y el ángulo helicoidal y la repetitividad de espiras son variables. La superficie de los instrumentos es tratada mediante procesos de desoxidación (figura 13). ⁽¹¹⁻¹²⁾

En las monturas puede verse la codificación del calibre y la conicidad representada por dos anillos de color (el superior indica la primera de las dos características), además de la indicación numérica de ambos datos (figura 14). ⁽¹¹⁻¹²⁾



Fig. 14 Presentación comercial de los sistemas TF[®] S-ASTD y L-ASTD. (Fuente:Sybronendo) ⁽²²⁾

Los de calibre 25 se encuentran en conicidades del .04, .06, .08, y .10, y en longitudes de 23 y 27 mm. Los calibres 25, en conicidad del .12, solo de 23 mm de longitud. Entre los de terminación apical, los calibres 30 y 35 presentan conicidades del .02, y el calibre 40, conicidad .04. Las longitudes, respectivamente, son de 23 y 27 mm (figura 15).⁽¹¹⁻¹²⁾

TF			
Taper	Tip	23 mm	27 mm
.12	25	822-2253	
.10	25	822-0253	822-0257
.08	25	822-8253	822-8257
.06	35	822-6353	822-6357
.06	30	822-6303	822-6307
.06	25	822-6253	822-6257
.04	50	822-4503	822-4507
.04	40	822-4403	822-4407
.04	25	822-4253	822-4257

TF SMALL ASSORTED			
822-4683 23 mm		822-4687 27 mm	
Taper	Tip	Taper	Tip
.08	25	.08	25
.06	25	.06	25
.04	25	.04	25

TF SMALL APICAL ASSORTED			
822-6663 23 mm		822-6667 27 mm	
Taper	Tip	Taper	Tip
.08	25	.08	25
.06	30	.06	30
.06	35	.06	35

TF LARGE ASSORTED			
822-6803 23 mm		822-6807 27 mm	
Taper	Tip	Taper	Tip
.10	25	.10	25
.08	25	.08	25
.06	25	.06	25

TF LARGE APICAL ASSORTED			
822-6843 23 mm		822-6847 27 mm	
Taper	Tip	Taper	Tip
.06	30	.06	30
.06	35	.06	35
.04	40	.04	40

Fig. 15 Conicidades de los instrumentos TF[®] (Fuente: SybronEndo)⁽²²⁾

Se presentan en secuencias prearmadas de tres instrumentos: el L-ASTD es indicado en la preparación de conductos de incisivos superiores, caninos superiores e inferiores, premolares inferiores, y en la del conducto distal de molares inferiores y el palatino de molares superiores; el S-ASTD, en la de incisivos inferiores, premolares superiores, y en conductos mesiales de molares inferiores y vestibulares



de molares superiores. La dirección de la preparación, para ambos sistemas, es corono-apical. ⁽¹¹⁻¹²⁾

Tres instrumentos accesorios complementan los sistemas, desarrollados para ensanchar la parte apical del conducto cuando sus características anatómicas así lo requieran (figura 15). ⁽¹¹⁻¹²⁾

6.1.1. Tecnología de fase R

Las aleaciones de NiTi son muy elásticas (alta flexibilidad) y tienen memoria de forma (recuperan su forma original tras la flexión) gracias a un cambio de la red cristalina atómica reversible entre los estados de la austenita y la martensita deformada. Este cambio atómico se produce cuando se aplica tensión externa en la lima mediante el conducto radicular. ⁽⁴⁾

No obstante, la capacidad para crear este cambio atómico también depende de la temperatura ambiente y del pretratamiento térmico de la aleación durante la fabricación de la lima endodóncica. La fabricación con un pretratamiento térmico específico (conocido como Fase R) contribuye a la capacidad de la lima de NiTi a absorber la tensión y a resistir la fatiga, lo cual genera una gran mejora de la flexibilidad de la lima comparado con las limas de NiTi fabricadas con técnicas tradicionales. Las limas Twisted se fabrican torciendo la materia prima para darle forma durante el ciclo térmico que se transforma en la Fase R. La conformación atómica reversible también depende de la temperatura ambiente. Es interesante reparar en que a temperatura ambiente, la conformación atómica de la lima se produce en la fase de la austenita



estable. Se necesita reducir realmente la temperatura a fin de pasar a la fase de la martensita. ⁽⁴⁾

La fabricación en la Fase R dota a la lima de propiedades que nos permiten pre-curvarla al enfriarla en el momento del tratamiento con un aerosol de refrigeración endodóncica convencional hasta un rango de temperatura en el que la lima de NiTi permanezca doblada tiempo suficiente como para que realicemos una curva previa con la lima, igual que hacemos con las de acero inoxidable. Esto resulta especialmente benéfico cuando se trata de casos de conducto radicular con salientes. Hasta ahora, doblar la lima requería un trabajo adicional y mayor tiempo con el paciente para salvar las curvaturas del conducto con numerosas limas de acero inoxidable. ⁽⁴⁾

De no ser así, lo natural es que la lima de NiTi no precurvada avanzase recta y se detuviese en el punto de un saliente. Algunos salientes más pronunciados no se podían «anular» lo suficiente con el acero inoxidable. En estos casos sería necesario seguir preparando el conducto con la lima apical maestra sin poder utilizar limas de NiTi en absoluto. Al disponer de la lima TF[®] Adaptive enfriada con aerosol, doblamos previamente la lima y la insertamos con un movimiento manual táctil más allá del saliente; a continuación, la conectamos al cabezal y decidimos entre cepillar primero lateralmente con un movimiento vertical anticurvatura para cancelar el saliente o continuar un movimiento de picoteo suave en sentido apical. También es importante tener en cuenta que los conductos con salientes problemáticos que se prepararon con eficacia en toda su longitud con limas de NiTi son más fáciles de obturar con la técnica de obturación en caliente de onda continua, respecto a aquellos que se preparan con acero inoxidable. ⁽⁴⁾



6.2. TF[®] Adaptive

Fabricante	Axis-SybronEndo (Estados Unidos).
Metal y método	Aleación de NiTi tratamiento Fase-R; torsión.
Sección	Triangular simétrica.
Conicidad	Constante.
Ángulo de corte	Tres negativos.
Ángulo helicoidal	Variable.
Repetitividad de espiras	Variable.
Punta	Inactiva.
Alma	Centrada variable.
Cantidad de instrumentos	Seis.
Cinemática de empleo	Movimiento adaptive motion, rotatorio horario interrumpido y recíprocante.

Tabla 2. Descripción del sistema TF[®] Adaptive (Fuente: Lopreite G.)⁽¹²⁾

La característica principal de estos instrumentos es su fabricación a partir un vástago de aleación de níquel-titanio, sometido a un proceso termomecánico Fase-R a partir del cual son obtenidos por torsión. La combinación de la particular metalografía y el proceso de fabricación le otorgan al metal una propiedad molecular que garantiza mayor flexibilidad y resistencia al estrés durante su uso en los conductos. La



terminación electroquímica de la superficie es por proceso de desoxidación, lo cual no altera el poder de corte y busca incrementar la resistencia a la corrosión superficial del instrumento.

En cuanto a las características morfológicas, poseen punta inactiva, sección triangular, helicoide variable y conicidad constante a lo largo de su parte activa. ⁽¹¹⁻¹²⁾

Instrumento	Longitud (mm)	Calibre	Conicidad (%)	Sección	Velocidad (rpm)	Torque (Ncm)
SM 1	23; 27	20	4	Triangular	Apaptive motion	Auto
SM 2	23; 27	25	6	Triangular	Apaptive motion	Auto
SM 3	23; 27	35	4	Triangular	Apaptive motion	Auto
ML 1	23; 27	25	8	Triangular	Apaptive motion	Auto
ML2	23; 27	35	6	Triangular	Apaptive motion	Auto
ML3	23;27	50	4	Triangular	Apaptive motion	Auto

Tabla 3 Instrumentos TF® Adaptive (Fuente: Lopreite G.) ⁽¹²⁾

El fabricante ofrece dos presentaciones comerciales. Cada estuche contiene tres instrumentos, con la codificación de colores (verde, amarillo y rojo) en los mangos: un anillo serie (SMALL-SM) indica que el instrumento fue desarrollado para la preparación de conductos pequeños; dos anillos serie (MEDIUM/LARGE-ML), que sirve para conductos medianos o grandes (figura 16). ⁽¹²⁾

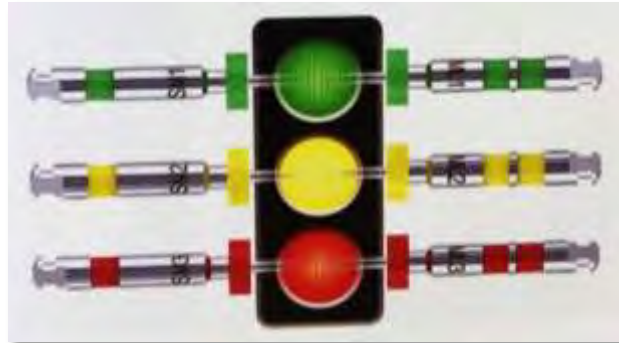


Fig. 16 Código de identificación de colores: un diseño intuitivo de código de colores diseñado para un uso fácil y eficiente. Al igual que un semáforo... inicie con verde y pare con rojo. (Fuente: Lima M.) ⁽¹⁰⁾

El sistema está diseñado para alternar automáticamente entre rotación interrumpida al principio y luego recíproca. La rotación alcanza 600 grados, a continuación se detiene y, después, vuelve a realizar un nuevo ciclo de 600 grados. Esto proporciona las ventajas de la rotación, un mejor corte y la expulsión hacia arriba de los residuos. Cuando aumenta la carga en la parte más baja del conducto y más allá de las curvas; el sistema cambia gradualmente a distintos ángulos de movimiento recíproca según las necesidades. Esto es distinto a los sistemas recíprocos tradicionales con ángulos constantes hacia la derecha o hacia la izquierda. ⁽⁴⁾



6.2.1. Combinación de movimiento rotatorio continuo y reciprocante.

Axis-Sybron Endo (Estados Unidos) presentó el sistema de instrumentación TF[®] Adaptive para la preparación de conductos radiculares de manera mecanizada.⁽¹²⁾

La particularidad de este sistema de instrumentación es la cinemática de su motorización, compuesta por un movimiento patentado y único que, según el fabricante, se adapta al estrés que sufren los instrumentos.⁽¹²⁾

Mientras que el instrumento no se encuentra en sobrecarga de estrés en el conducto, el motor produce una rotación horaria de 600°, se interrumpe y vuelve a repetir otro ciclo similar de forma continua. Esta cinemática garantiza un corte eficaz y la remoción de las virutas dentinarias hacia cervical, tal como los instrumentos para rotación horaria continua. Se aconseja combinar con un movimiento de cepillado (brushing) hacia cervical, a fin de disminuir sensiblemente el efecto de atornillamiento.⁽¹²⁾

Una vez que el instrumento comienza a trabajar con estrés y, consecuentemente, la fatiga del metal aumenta, el motor pasa automáticamente a generar un movimiento reciprocante, con un giro de 370° en sentido horario y de hasta 50° en sentido anti-horario. Dependiendo de la carga que sufra el instrumento que está en función por las variables anatómicas, determinadas por un algoritmo propio del *software*, los ángulos de los movimientos pueden ser constantes o no.

Es preciso aclarar que el clínico no es capaz de percibir el cambio que realiza el motor en este tipo de cinemática, es decir, ni el freno que se



produce en la rotación horaria discontinua ni la codificación de los ángulos del movimiento recíprocante. ⁽¹²⁾

Esta cinemática tiene la ventaja de brindar un movimiento muy similar a la rotación continua horaria apropiado para la eliminación de restos de adentro del conducto. El giro de 600° en sentido horario y luego interrumpido frena la rotación dentro de los límites de resistencia a la torsión propios de los instrumentos endodóncicos confeccionados en níquel-titanio. Esto obra ante una protección bajo el estrés de torsión por atornillamiento generado durante el trabajo por rotación continua, lo cual permite la recuperación elástica del metal antes de un nuevo ciclo de giro. ⁽¹²⁾

Como posee ángulos de trabajo en sentido horario más amplios, funciona en este sentido durante más tiempo, lo cual genera un mayor descombro hacia cervical, ya que los instrumentos TF[®] empleados presentan helicoide en sentido horario. ⁽¹²⁾

La capacidad de adaptación del motor TF[®] Adaptive a los requerimientos mecánicos seleccionando de manera automática el mejor movimiento de acuerdo con la situación clínica reduce el riesgo de falla en el conducto pero sin afectar la eficacia. Los instrumentos TF[®] empleados con esta mecanización han demostrado una resistencia superior a la fatiga cíclica que la que ofrece cuando son utilizados en rotación continua (fig. 17). ⁽¹²⁾



Fig. 17 Figura de los movimientos de tecnología Adaptive Motion: rotación de 600° en sentido horario y de 0° en sentido anti-horario cuando no es aplicada carga (a); movimiento recíprocante de 370° en sentido horario y hasta 50° en sentido anti-horario cuando el instrumento recibe carga durante su empleo (b). (fuente: Lima M.) ⁽¹⁰⁾

6.2.1.1. Ventajas de la instrumentación con el movimiento continuo y recíproco

La utilización de movimientos recíprocos implica una rotación de mayor ángulo de giro en la dirección del helicoides, que engancha el instrumento en el conducto; y, posteriormente, un movimiento en dirección opuesta de menor ángulo de rotación, que tiene por objetivo desenganchar el instrumento y reducir el estrés por torsión. ⁽¹²⁾

La principal ventaja es la reducción de los estrese de torsión y de flexión.



La extrusión de detritus e irrigantes constituye una complicación durante la limpieza y la conformación de los conductos, tanto técnicas manuales con acero inoxidable como en el caso de las mecanizadas con NiTi. ⁽¹²⁾

La posibilidad de impulsión de residuos es, hasta el momento, la gran desventaja del movimiento recíproco. ⁽¹²⁾

6.2.3. Tipo de motor (Elements Motor w/ contra angle)

El motor usado es el fabricado por la empresa SybronEndo. Con mayor torque, TF® Adaptive gira 370 grados hacia la derecha y hasta 50 grados hacia la izquierda. Es lo que lo hace diferente de los motores que giran en una sola dirección, ya que éste determina el cambio de movimiento, primero en sentido de rotación continua y cuando se genera una carga mayor cambia de sentido (reciprocante). De este modo se obtiene una mayor seguridad frente a la separación de las limas y se respeta la trayectoria del conducto (figura 18). ⁽¹²⁾



Fig. 18 Motor TF® Adaptive (Sybron Endo) (Fuente: Lima M.) ⁽¹⁰⁾

6.2.4. Limas del sistema TF[®] Adaptive

El conjunto de limas (MEDIUM/LARGE-ML) (mediana grande) es una auténtica técnica corono-apical. La conicidad de la primera lima facilita la irrigación mientras que la siguiente trabaja más la dilatación apical. El conjunto SM (pequeño) gestiona los casos escleróticos. ⁽⁴⁾

TF[®] Adaptive es un sistema intuitivo, codificado por colores y diseñado para una mayor eficacia y facilidad de uso. El sistema de codificación por colores ésta basado en las luces de un semáforo. Ponerse en marcha con verde, continuar o detenerse con amarillo y parar con rojo. Verde significa ponerse en marcha. Amarillo significa continuar o detenerse. Rojo significa parar (figura 19). ⁽⁵⁾







	SM1: #20/ .04	SM2: #25/ .06	SM3: #35/ .04
SMALL (SM)			
	ML1: #25/ .08	ML2: #35/ .06	ML3: #50/ .04
MEDIUM/ LARGE (ML)			

Fig. 19 Calibre y conicidad de las limas. (Fuente:Lopreite G.) ⁽¹²⁾

6.2.5. Técnica de TF[®] Adaptive

La técnica de TF[®] Adaptive se ha propuesto con el objetivo de maximizar las ventajas de la reciprocidad, a la vez que minimizar sus desventajas. Al utilizar un movimiento exclusivo patentado, la innovadora tecnología TF[®] Adaptive Motion, junto con una técnica original de tres limas, la mayor parte de los casos se pueden tratar de forma segura y eficaz. TF[®]



Adaptive utiliza una tecnología de movimiento exclusivo patentado que se adapta de forma automática a la tensión del instrumento. Cuando el instrumento de TF[®] Adaptive no soporta tensión en el conducto, o ésta es muy reducida, el movimiento se puede describir como de rotación continua, lo cual permite mejorar la eficacia del corte y la extracción de residuos, ya que el diseño transversal y acanalado funciona mejor cuando el movimiento es hacia la derecha. De forma más exacta, se trata de un movimiento discontinuo con los siguientes ángulos en sentido horario o antihorario: 600-0°. Este movimiento discontinuo no solo presenta la misma eficacia que la rotación continua en el corte lateral, lo cual permite un cepillado óptimo que mejora la extracción de los residuos en los conductos ovalados, sino que también minimiza los errores yatrógenos reduciendo la tendencia a “atornillar” que se observa habitualmente en los instrumentos de níquel-titanio de mayor conicidad. Por el contrario, al preparar el conducto, si aumenta la tensión en el instrumento y la fatiga del metal, el movimiento del instrumento de TF[®] Adaptive cambia a recíprocante, con ángulos en sentido horario y antihorario de diseño específico que varían desde 600-0° hasta 370-50°. Estos ángulos no son constantes, sino que cambian en función de las complejidades anatómicas y la tensión que se ejerza sobre el instrumento en el interior del conducto. Por lo tanto, el objetivo de este movimiento “adaptable” es reducir el riesgo de errores en el interior del conducto sin afectar al rendimiento, gracias a que el motor de Adaptive selecciona el mejor movimiento para las particularidades de cada situación clínica. Resulta interesante que el doctor apenas percibirá las diferencias en el movimiento cambiante gracias a un sofisticado algoritmo que permite que la transición entre los ángulos se realice con suavidad. ⁽⁵⁾



En lo referente a las desventajas de la reciprocidad, TF[®] Adaptive dispone de un movimiento recíprocante con ángulos de corte (ángulos en sentido horario) mucho mayores que los movimientos de WaveOne o Reciproc. Por consiguiente, el instrumento TF[®] Adaptive funciona más con un ángulo en sentido horario, que permite una mayor eficacia del corte y la eliminación de los residuos (y menos tendencia a impulsar los residuos en dirección apical y lateral), porque las ranuras están diseñadas para eliminar los residuos con una rotación en sentido horario. En este caso, TF[®] Adaptive se beneficia de un movimiento que se parece más a una rotación continua para una óptima eliminación de los residuos. Se producen modificaciones evidentes del ángulo en función de la anatomía del conducto (cuanto más complejo, menor será el ángulo en sentido horario), pero no parecen influir de forma significativa en el resultado general. Al contrario, estos cambios sí influyen en la resistencia a la fatiga del metal, ya que se ha observado que los instrumentos TF[®] que se utilizan con el movimiento Adaptive presentan una mayor resistencia a la fatiga cíclica comparados con los mismos instrumentos TF[®] que se utilizan con rotación continua.¹³ Esto explica por qué TF[®] Adaptive ha demostrado, en ensayos clínicos, un rendimiento mucho mejor que otros instrumentos recíprocantes disponibles en el mercado. Asimismo, la utilización de una secuencia y el uso de instrumentos de NiTi más flexibles también pueden constituir factores importantes para explicar una incidencia e intensidad menores del dolor postoperatorio, al reducir el transporte apical y disminuir la extrusión de residuos cuando los instrumentos se orientan en dirección apical. Se ha determinado que los instrumentos TF[®] son los instrumentos de NiTi disponibles más flexibles, al presentar una flexibilidad mucho mayor que Protaper y M2, que son instrumentos con



diseño y masa muy similares a WaveOne y Reciproc. Como se ha comentado antes, la flexibilidad es una propiedad fundamental para minimizar los errores iatrógenos durante la preparación de los conductos, tanto con movimiento reciprocante como con rotación continua. Si el mismo movimiento reciprocante se utilizase como en los otros sistemas de limas reciprocantes, la mayor flexibilidad de las limas (observada en las limas TF[®]), permite mantener mejor la trayectoria original con menos transporte del conducto. Por lo tanto, la utilización de un movimiento reciprocante no ayuda de forma significativa a un instrumento de NiTi de mayor conicidad para preparar los conductos curvos sin errores iatrógenos. Ayuda, principalmente, a reducir la tensión de los instrumentos y el riesgo de errores en el interior del conducto.⁽⁵⁾

La técnica TF[®] Adaptive consiste básicamente en una técnica de tres limas, diseñada para tratar la mayor parte de los casos de la práctica clínica. Ofrece dos juegos de tres sistemas de limas, uno para conductos pequeños calcificados y otro sistema para conductos “estándar” más grandes. En ambos casos, permite una conicidad suficiente y una mayor preparación apical. El número de instrumentos de cada secuencia también puede variar y adaptarse a la anatomía del conducto. El último instrumento de la secuencia se utiliza únicamente cuando es necesario un mayor ensanchamiento apical a causa de un conducto original de dimensiones mayores o de técnicas mejoradas de irrigación final. Las secuencias también difieren en el concepto de moldeado. La secuencia del conducto medio o grande es una técnica “auténtica” corono-apical (corono-apical), mientras que la secuencia del conducto pequeño emplea un instrumento más pequeño y flexible (04 de conicidad, 20 de tamaño de punta) a fin de dilatar previamente el conducto y crear un



preensanchamiento que disminuye la tensión del instrumento para la siguiente lima de la secuencia de mayor tamaño. Esto también permite mantener mejor la trayectoria original del conducto. El uso de una dilatación apical final con un tamaño 35 no está pensado únicamente para utilizar la técnica de irrigación con Endovac (Sybron Endo), sino para mejorar la forma tocando más paredes del conducto. En el tercio apical cuando un instrumento de 06 de conicidad y 35 de punta sigue a un instrumento de 08 de conicidad y 25 de punta. Este es el motivo por el que, en la mayor parte de los casos, dos instrumentos son mucho mejor que una técnica de una única lima, siempre que el segundo instrumento sea flexible. La mayor flexibilidad que ofrece la tecnología TF[®] permite a TF[®] Adaptive cumplir estos criterios y dilatar con seguridad los conductos con un riesgo mínimo de errores iatrogénicos como el debilitamiento de los dientes y el transporte apical. Esto no sería posible con una aleación más rígida, sobre todo en conductos curvos. ⁽⁵⁾

Procedimiento:

1. Prevaloración del caso.
2. Acceso coronal y preensanchamiento.
3. Aislamiento absoluto con dique de hule y grapa.
4. Creación de acceso coronal en línea recta con paredes axiales ligeramente divergentes con fresa endo “Z” y verificar que no existan paredes retentivas con instrumentos PC 1 Y PC 2.

- Irrigación de la cámara pulpar con hipoclorito de sodio (NaClO) del 2.5 al 5.4%)

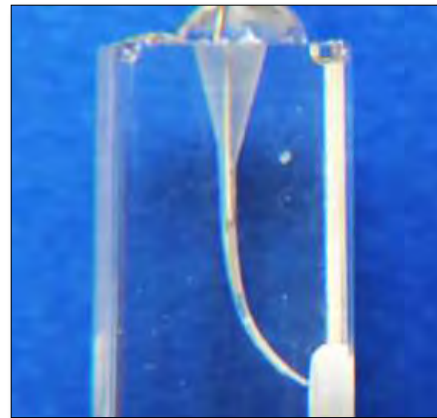
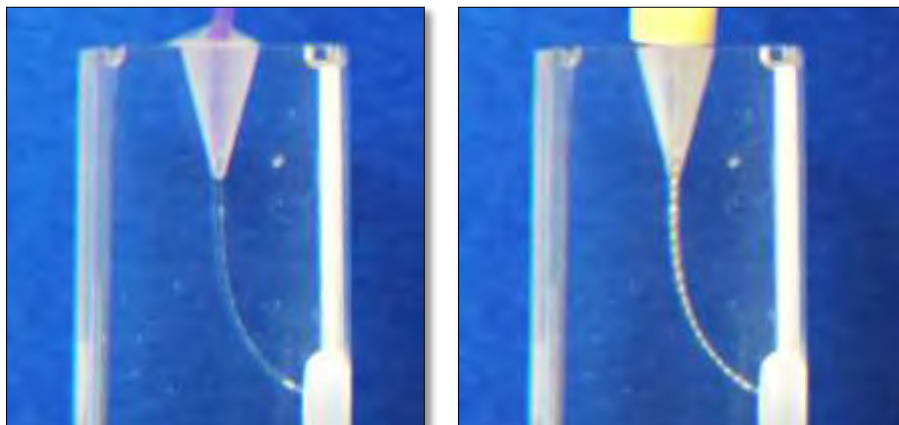


Fig. 20 Representación en un cubo de acrílico (Fotografía propia)

- Obtener la permeabilidad apical y realizar un preensanchamiento apical con una lima manual tipo K no. 8, seguida de una no.10 y continuar con una no.15 como mínimo (figuras 21 y 22).



Figs. 21 y 22 Permeabilidad apical y preensanchamiento con limas K en un cubo de acrílico (Fotografías propias)

- Determinación de la secuencia de limas y del tamaño del conducto (conductos pequeños SM). Si con el tacto se notan dificultades para alcanzar la longitud de trabajo con una lima tipo K no.15, el tamaño

- del conducto se considerará “pequeño”. Se debe utilizar el paquete pequeño (banda de un color) y su secuencia de instrumentos.
8. Conductos medios o grandes: si al utilizar una lima tipo K no.15 queda suelta en la longitud de trabajo, el tamaño del conducto se considerará “medio o grande”. Utilizar el paquete medio/grande (bandas de dos colores) y su secuencia de instrumentos.
 9. Determinación de la longitud de trabajo: con un localizador de foramen, se puede tomar una radiografía para ayudar a determinar la longitud.
 10. Técnica de modelado del conducto con el sistema TF[®] Adaptive:
 - a) Utilizar el ajuste “TF[®] Adaptive” en el Motor Element (SybronEndo).
 - b) Verificar que se ha rellenado la cavidad pulpar con NaClO o EDTA y comprobar que la lima gira cuando entra en el conducto.
 - c) Avanzar lentamente con el color verde (SM1 o SL1) con un único movimiento controlado hasta que la lima se enganche a la dentina. A continuación, retirar completamente la lima del conducto. No forzar en sentido apical. No realizar movimientos de picoteo (figura 23).^(3,5)



Fig. 23 Lima SM 1 del sistema TF[®] Adaptive (Fotografía propia)

11. Limpiar las ranuras. Aplicar líquido irrigador en la cavidad pulpar y confirmar la permeabilidad del conducto con una lima tipo K no. 15.⁽³⁾

12. Repetir los pasos 10 y 11 con el color amarillo SM2 o ML2 hasta que la lima alcance la longitud de trabajo. La secuencia habrá finalizado una vez que se alcance el tamaño apical que se desea. Para tamaños apicales más grandes, repita los pasos 10 y 11 con el color rojo SM3 o ML3, hasta que la lima alcance la longitud de trabajo (figura 24).⁽⁵⁾



Fig. 24 Lima SM 2 del sistema TF[®] Adaptive (Fotografía propia)

13. Cuando se irrigan los conductos pequeños con EndoVac, se debe utilizar SM3 hasta la longitud de trabajo. En conductos medios o grandes, se debe utilizar, como mínimo la ML2 hasta la longitud de trabajo. Se pueden utilizar las puntas de papel de TF[®] Adaptive para secar los conductos (figura 25).⁽⁵⁾



Fig. 25 Lima SM 3 del sistema TF[®] Adaptive (Fotografía propia)

14. Para obturar el sistema de conductos radiculares se pueden utilizar obturadores o puntas de gutapercha de TF[®] Adaptive.⁽⁵⁾



6.3. Diferencias entre TF[®] y TF[®] Adaptive

Los instrumentos del sistema TF[®] (Sybron Endo), están desarrollados para la instrumentación rotatoria horaria continua. Mientras que los instrumentos del sistema TF[®] Adaptive (Sybron Endo), están diseñados para movimiento adaptive motion, rotatorio horario interrumpido y reciprocante.

Ambos sistemas presentan conicidades constantes, pero el sistema TF[®] (Sybron Endo), nos indica que las limas se eligen según la dificultad del caso. Además que tiene tres instrumentos accesorios complementarios, desarrollados para ensanchar la parte apical de acuerdo a la anatomía.

El sistema TF[®] Adaptive (SybronEndo), nos indica el fabricante que desde el primer instrumento se debe llegar a la longitud de trabajo.



DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta los objetivos del presente estudio que consistió en evaluar la efectividad del sistema TF[®] Adaptive para la preparación de conductos, el movimiento combinado, es decir, horario-antihorario y el tipo de aleación del cual está hecho, se debe considerar que estas dos propiedades tienen como fin común disminuir la fatiga cíclica y fatiga por torsión haciendo a estos sistemas menos susceptibles a la fractura.

El Dr. Moran A. y Gambarini G., nos dicen que el sistema está diseñado para alternar automáticamente entre rotación interrumpida al principio y luego recíprocante. La rotación alcanza 600 grados, a continuación se detiene y, después, vuelve a realizar un nuevo ciclo de 600 grados. Esto proporciona las ventajas de la rotación, un mejor corte y la expulsión hacia arriba de los residuos. Cuando aumenta la carga en la parte más baja del conducto y más allá de las curvas; el sistema cambia gradualmente a distintos ángulos de movimiento recíprocante según las necesidades. Esto es distinto a los sistemas recíprocantes tradicionales con ángulos constantes hacia la derecha o hacia la izquierda, como lo es WaveOne[®]. (4-5)

Otro punto importante a comparar, son las diferentes secciones transversales de las limas. La lima Reciproc[®] está en forma de S invertida con 2 filos de corte, la lima Waveone[®] tiene una forma trihelicoidal modificada en apical con una forma triangular convexa en las secciones media y coronal, WaveOne[®] Gold presenta forma de paralelogramo, mientras que la lima TF[®] Adaptive tiene forma triangular esta sección transversal posee baja masa del núcleo lo cual la hace más resistente a la fractura por fatiga cíclica. (4-5)



CONCLUSIÓN

El sistema TF[®] Adaptive nos da una opción más para trabajar con mayor confianza y así obtener mejores resultados en la preparación de conductos radiculares. Gracias a su mecanismo de fabricación el cual realiza movimientos adaptativos, es decir, gira hacia la derecha cuando lo deseemos y hacia la izquierda cuando lo requerimos, y en cuanto al color de las limas que se basa en los colores de un semáforo; nos facilita el trabajo y nos reduce aún más el tiempo operatorio por que se utiliza desde la primer lima a la longitud de trabajo. Cabe destacar, que se debe trabajar con precisión y exactitud tal como lo indica el fabricante, y no saltar ningún paso del procedimiento para evitar iatrogenias, es necesario tener exacto conocimiento del sistema para poder realizar un buen tratamiento endodóncico.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Buehler W.J., Gilfrich J.V., Wiley R.C. Effect of low-temperature phase changes on the mechanical properties of alloys near composition TiNi. J Appl Phys 1963; 34(5):1475-77.
2. Walia H., Brantley W.A., Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files. J Endod 1988; 14(7):346-51.
3. Bergenholtz G., Horsted-bindslev P. Reit C.; Endodoncia; 2ª edición; Ed. Manual Moderno; 2011; pp. 169-183.
4. Moran A.; Twisted-files Adaptive: Un innovador enfoque en la instrumentación Endodóntica NiTi; Kerr: Evaluación dental clínica; pp. 9-11.
5. Gambarini G.; Glassman G.; TF[®] Adaptive: un nuevo planteamiento con instrumentos de níquel-titanio; Kerr News, boletín para los profesionales de la odontología; 2014; pp. 6-10.
6. Leonardo M., Leonardo R.; Sistemas rotatorios en endodoncia, instrumentos de níquel-titanio; Editorial Artes Médicas de Latinoamérica; 2002; pp. 52-56.
7. Phillips R. W.; La ciencia de los materiales dentales de Skinner; 8ª. ed. México D.F.: Editorial Interamericana; 1986; pp. 646-648
8. Nino Barrera J. L., Cortés-Rodríguez C. J., Aguilera Canon M. C.; Utilidad de la conformación del túnel liso antes de usar limas rotatorias endodónticas de níquel-titanio; Revista Cubana de Estomatología; Facultad de Odontología, Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia; 2014; 51(3):270-279.



9. Nawgeswar R.; Endodoncia Avanzada; Editorial Amolca; 2011, pp. 45-51.
10. Lima M. M.; Endodoncia de la biología a la Técnica; Editorial Amolca, 2009; pp. 307-317.
11. Lopreite G.; Basilaki J.; Endodoncia criterios técnicos y terapéuticos; 1ª edición; Editorial Grupo Guía; 2016; pp. 2013-216.
12. Lopreite G.; Basilaki J., Claves de la endodoncia mecanizada; 1ª edición; Editorial Grupo Guía; 2016; pp. 71-162.
13. McSpadden, John T., D.D.S. Mastering Endodontic Instrumentation, D.D.S Published by Cloudland Institute, Copyright 2007.
14. Sattapan B., Nervo G., Palamara J., Messer H., Defects in Rotary Nickel Titanium Files After Clinical Use; Journal of Endodontics; vol. 26; no. 3; march 2000.
15. Gómez y Díaz, Nitinol: un biomaterial con memoria de forma, Lectura de Ingeniería 17, Laboratorio de tecnología de Materiales, Departamento de ingeniería, Universidad Autónoma de México. 2011.
16. Santamarta R. Caracterización de aleaciones base NiTi producidas por solidificación rápida (MELT-SPINNING), Universitat de les Illes Balears, Departament de Física, 2001. pp. 28-30.
17. Shen Y. et al. Current Challenges and Concepts of the Thermodynamical Treatment of Nickel-Titanium Instruments, JOE 2013; 39: p.163-172.
18. <https://www.dentaltix.com/blog/todo-lo-que-debes-saber-las-limas-endodoncia-i-limas-manuales>



-
19. <http://www.gacetadental.com/2011/09/geometra-indigerible-pero-interesante-25426/#>
 20. <http://endodoncia-blanquel.blogspot.mx/2012/04/limas-endodonticas.html>
 21. Leonardo M.R. De Toledo R. Sistemas Rotatorios en Endodoncia: Instrumentos de níquel-titanio, 1ª ed., Brasil, Editorial Artes Médicas; 2002. p. 3-36.
 22. <http://www.sybronendo.com.mx/tf-twisted-files/>
 23. <http://www.revestomatologia.sld.cu/index.php/est/article/view/371/78>
 24. <http://endodoncia-blanquel.blogspot.mx/2012/04/limas-endodonticas.html>