UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE CUATRO SISTEMAS ROTATORIOS DE NÍQUEL-TITANIO UTILIZADOS EN ENDODONCIA.

TRABAJO TERMINAL ESCRITO DEL DIPLOMADO DE ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

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

P R E S E N T A:

JESÚS HERRERA GONZÁLEZ

TUTOR: Mtro. DANIEL DUHALT IÑIGO

Cd. Mx. **2019**

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

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.

Gracias Dios por haberme dado una familia excepcional, por ponerme en este camino/tiempo, y día a día hacer de mí una mejor persona logrando cumplir este sueño.

A mi papá Juan Herrera, que siempre estuvo motivándome a seguir estudiando, enseñándome valores, que desde el cielo sé que está celebrando mis victorias y sueños cumplidos.

A mi mamá Angélica, que siempre ha estado conmigo apoyándome, dándome consejos, que con su ejemplo de fuerza y lucha hizo de mí una mejor persona, por todo el amor brindado y la paciencia que me ha manifestado. Muchas gracias, te amo mucho mamá.

A mis hermanos, Simón, Galdino, Paulo, Ángel, Marcos y Fortino, por siempre estar unidos en las buenas y en las malas, por apoyarme en cada proceso de mi educación, tanto económicamente como emocionalmente. Gracias a mi hermana Flor por los consejos, el apoyo brindado durante mi bachillerato y licenciatura. Porque éste logro no es sólo mío, sino también de ustedes, siempre estaré agradecido.

A mi hermana Narci, por ser mi amiga, por creer siempre en mí, por sus consejos brindados y darme su apoyo incondicional. Muchas gracias Hermanita.

A mi Tutor el Dr. Daniel Duhalt Iñigo por el tiempo compartido y haberme asesorado en la realización de este trabajo, por todo el conocimiento transmitido, por ser una persona que contagia inspiración y valores a ésta profesión, por su paciencia y dedicación. Estoy muy agradecido con usted, muchas gracias.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, mi segunda casa, por haberme dado un espacio en el CCH y en la gloriosa Facultad de Odontología.

A mis amigos Ma. Fernanda González, Emanuel Doroteo, Gabriela Pichardo, Esbeyde Julia, Iris Idaly, Jonathan I. Cruz y Karina Itzel por todo el apoyo brindado durante este proceso de titulación, estoy agradecido con dios por haber hecho coincidir con ustedes. Muchas gracias.

A mis amigos del diplomado Gabriela Pérez, Eloísa Raya, Emanuel Mapel y Julio Cesar, por todo el apoyo que me dieron, por hacer más ameno el diplomado, por las risas y los momentos divertidos, siempre los recordaré.

A mis profesores de la facultad, los que me transmitieron el amor a esta profesión, la Dra. Laura A. Flores, Midori D. Kawakami, Fátima I. Ríos, Roxana B. Martínez, Ma. De Lourdes Mendoza, Silvia Maldonado, Adriana Molotla. Muchas gracias por el conocimiento brindado.

A mis profesores del diplomado de preparación y obturación del sistema de conductos, en especial a la coordinadora, la Dra. Alejandra Rodríguez Hidalgo por saber guiarnos en este proceso, muchas gracias.

A toda mi familia, hermanos, tíos, primos, sobrinos, cuñadas, a mis amigos que estuvieron apoyándome en los diferentes procesos de este logro, muchas gracias por creer en mí.

ÍNDICE

Introducción 5
Objetivo 7
1 Conformación del sistema de conductos 8
1.1 Postulados de Schilder 8
1.2 Objetivos de la conformación 9
1.3 Técnicas corono-apicales 10
1.3.1 Técnica step-down 10
1.3.2 Técnica crown-down sin presión 11
1.3.3 Fuerzas balanceadas 13
1.4 Níquel–Titanio (NiTi) 14
1.4.1 Antecedentes históricos 14
1.4.2 Composición y propiedades de NiTi 16
1.4.3 Fabricación de los instrumentos endodóncicos 17
1.4.4 Limas de Níquel-Titanio 18
1.4.5 Ventajas de las limas 18
1.4.6 Clasificación 20
1.4.7 Sistema Rotatorio de NiTi 26
1.4.7.1 Secuencia Corono-Apical 28
1.4.8 Limitaciones de la instrumentación rotatoria 31
1.4.9 Diseño 32
1.4.10 Nuevos procesos de fabricación 34
1.4.11 Fractura de las limas 34
2 ProTaper Gold® 37
2.1 Características 40
2.2 Secuencia de uso según el fabricante 40
3 WaveOne® Gold 43
3.1 Características 45
3.2 Secuencia de uso según el fabricante. 47
4 Hyflex® EDM 50
4.1 Diseño 51

4.2 Secuencia de uso según el fabricante 53
5 V-Taper™ 2H 54
5.1 Características 54
5.2 Secuencia de uso según el fabricante 57
6 Revisión de artículos comparativos 59
Conclusiones 66
Referencias bibliográficas 67

Introducción

La endodoncia clínica abarca varios tratamientos, si bien todos tienen en común el objetivo de prevenir y tratar la contaminación microbiana de la pulpa y el sistema de conductos radiculares. El tratamiento endodóncico se dirige principalmente a un objetivo o un conjunto de objetivos específicos: curar o prevenir la periodontitis periapical. El objetivo final es que los pacientes puedan conservar sus dientes naturales tanto en su función como en su estética. Entre los endodoncistas existe un consenso generalizado de que la preparación mecánica del conducto radicular es una de las etapas más importantes en el tratamiento endodóncico. Es durante la preparación mecánica que, con el uso de los instrumentos endodóncicos y ayudados por productos químicos, será posible limpiar, conformar y desinfectar el conducto radicular y, de esa forma, tornar viables las condiciones para que pueda obturarse.

En los últimos diez años, se han desarrollado nuevos procedimientos patentados para la aleación de níquel-titanio a fin de mejorar las propiedades mecánicas de los instrumentos endodóncicos de níquel-titanio (NiTi). Además de los tratamientos térmicos y mecánicos específicos, los fabricantes introdujeron varios procedimientos de mecanizado, así como técnicas para el acabado final de la superficie.

Se ha informado que los instrumentos endodóncicos de NiTi son más flexibles con una mayor resistencia a la fractura por torsión en comparación con los instrumentos de acero inoxidable. Estas características permitieron una mejora sustancial en los instrumentos endodóncicos accionados por motor. Sin embargo, la fractura de los instrumentos rotatorios de NiTi sigue siendo un incidente inadvertido durante el uso clínico. Además de las variaciones en el diseño de los instrumentos de NiTi, los fabricantes han introducido varios procedimientos de fabricaciones patentadas que incluyen tratamientos térmicos, mecánicos y de superficie para mejorar las propiedades

físicas de las aleaciones de NiTi, a fin de producir instrumentos con mayor resistencia a la fractura y mayor flexibilidad.

Pueden producirse errores en la conformación del conducto radicular, tanto el acero inoxidable como los instrumentos endodóncicos de NiTi tienden a enderezarse dentro de un conducto radicular curvo, lo que resulta en una fuerza lateral sobre la pared del conducto radicular. Para minimizar esta fuerza y asegurar una preparación centrada, una gran flexibilidad es un requisito fundamental de los instrumentos endodóncicos. Se ha demostrado que la preparación del conducto radicular con instrumentos endodóncicos de NiTi accionados por motor da como resultado una transportación del conducto radicular significativamente menor, y menos errores de preparación en comparación con los instrumentos manuales de acero inoxidable.

El propósito de este trabajo es realizar una revisión bibliográfica de los sistemas rotatorios ProTaper Gold, HyFlex EDM, V-Taper 2H y el sistema reciprocante WaveOne Gold, que están tratados de forma termomécanica con cantidad de fase martensítica; estos sistemas rotatorios están tratados con aleaciones nuevas en el mercado como lo son CM-Wire que les confiere efecto de memoria controlada, la cual no tiende a enderezarse durante la preparación de los conductos radiculares curvos, reduciendo la incidencia de errores en la conformación. Mecanizado por descarga eléctrica (EDM), según el fabricante este proceso innovador endurece la superficie de la lima lo que le confiere mejor resistencia a la fractura y una eficacia de corte superior; y tratamiento térmico Gold, el cual cuenta con una capa de color distintivo, esta aleación combina flexibilidad con resistencia a la fatiga cíclica y torsional, y exhibe un efecto de memoria controlada.

Objetivo

Realizar una revisión bibliográfica de los sistemas rotatorios ProTaper Gold, WaveOne Gold, HyFlex EDM y V-Taper 2H, describiéndolos por su método de fabricación, sus características, secuencia de uso clínico y un comparativo frente a otros sistemas rotatorios.

1 Conformación del sistema de conductos

El espacio del conducto radicular puede estar ocupado por tejido pulpar sano, inflamado o necrótico. La remoción del tejido debe efectuarse de una manera sistemática y con el cuidado necesario para no enviar tejido, sustancia irrigadora o bacterias más allá de los límites del conducto. Una vez que se determina la longitud de trabajo, se efectúa la limpieza con instrumentos manuales, de movimiento rotatorio o reciprocante, acompañados del uso de sustancias capaces de disolver el tejido orgánico, como hipoclorito de sodio (NaOCl), y antisépticos como el gluconato de clorhexidina y sustancias quelantes como el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA).[1]

La preparación del espacio del sistema de conductos radiculares tiene que ceñirse a conceptos básicos que se deben seguir: la conformación, el ensanchado y la preparación apical, ya que la preparación del conducto está vinculada a una variable anatómica del conducto radicular imposible de determinar radiográficamente. La preparación no sólo es importante, sino que también exige que se sigan escrupulosamente las normas en el procedimiento de preparación del sistema de conductos radiculares.[1]

Para la conformación del espacio del sistema de conductos radiculares, se deben seguir conceptos importantes para que la anatomía del conducto radicular no se vea alterada severamente en forma, tamaño y dirección. Schilder afirma que “cada conducto radicular en cuanto a forma, diámetro y longitud es único, por lo tanto, no hay dos preparaciones del conducto radicular exactamente iguales”. [1]

1.1 Postulados de Schilder

Los postulados de Schilder continúan vigentes, es importante abordarlos plenamente.

- La preparación del conducto radicular debe desarrollar una forma cónica continua del ápice radicular a la cavidad de acceso coronal.

- El diámetro de la sección transversal de la preparación debe ser más estrecho hacia apical y más amplio hacia la cavidad de acceso.
- La preparación debe tocar cuantas irregularidades presente el conducto radicular.
- La preparación debe mantener la trayectoria original del conducto.
- La relación del foramen apical debe permanecer intacta tanto con el hueso como con la superficie radicular.
- La amplitud apical debe mantenerse tan pequeña como sea práctico en todos los casos.[1]

1.2 Objetivos de la conformación

Objetivos básicos: los objetivos principales de la limpieza y la conformación del sistema de conductos radiculares son:

- Eliminar los tejidos blandos y duros infectados.
- Proporcionar acceso a las soluciones de irrigación y desinfección hasta la zona apical.
- Crear espacio para la colocación de medicamento y la subsiguiente obturación.
- Conservar la integridad de las estructuras radiculares.[2]

Objetivos mecánicos:

- Incluir de forma completa y centrada los conductos originales en la preparación, lo que significa que todas las superficies de los conductos deben prepararse mecánicamente. Sin embargo, este objetivo no es posible con las técnicas actuales.
- Se debe evitar errores en la preparación, como las deformaciones y las perforaciones. Aunque estos efectos negativos de la

conformación de los conductos y otros problemas de procedimiento quizá no afecten por sí mismos el pronóstico.

- Conservar la mayor cantidad posible de dentina radicular para no debilitar la estructura de la raíz y prevenir así las fracturas radiculares.[2]

Objetivo biológico:

- Los conductos deben prepararse con conicidad uniforme y continua; sin embargo; este objetivo facilita la obturación más que la eficacia antimicrobiana, para una desinfección óptima, la forma de la preparación y la eficacia antimicrobiana están íntimamente relacionadas entre sí a través de la eliminación de la pulpa y la dentina infectadas junto con la creación de espacio para el uso de irrigantes.[2]

1.3 Técnicas corono-apicales

En la primera mitad de la década de los ochenta se propusieron técnicas que preparaban las zonas más coronales de los conductos como condición previa para instrumentar la zona apical. Se conocen como técnicas corono-apicales.[3]

1.3.1 Técnica step-down

En 1982, Goerig y cols. presentaron la técnica step-down, en la que por primera vez se ponía el énfasis en ensanchar las porciones coronales del conducto antes de preparar la zona apical con la intención de evitar interferencias de la lima o lo largo de las paredes del conducto y permitir su acción en la zona apical con mayor libertad, lo que, a su vez, puede facilitar un

mayor control y una menor posibilidad de compresión cerca de la constricción apical. Esta técnica pretende minimizar o eliminar los residuos necróticos que podrían extruirse por el foramen apical durante la instrumentación.[2,3]

1.3.2 Técnica crown-down sin presión

Fue presentada por Marshall y Pappin en 1983 y publicada, tras su evaluación, por Morgan y Montgomery; se basa en el corte de la dentina por el movimiento de rotación de los instrumentos. Puede esquematizarse en la siguiente fase.

- Se determina la longitud de trabajo, se emplea una lima K calibre 35 girándola de modo pasivo, sin presión hacia apical, hasta encontrar resistencia. Si no progresa, se inicia el acceso con limas más finas, es necesario que el instrumento penetre hasta 16mm, que serán tomados como referencia para comenzar el trabajo; si no se alcanza esa profundidad, habrá que ensanchar la parte cervical del conducto. Se establece longitud provisoria (unos 3 mm más corta que el ápice radiográfico). Cuando la lima 35 se encuentre holgada en el conducto, se continuará con una lima calibre 30 girándola en sentido horario dos veces; se repite el procedimiento con una lima de calibre inferior hasta acercarse a la constricción apical, entonces se establece la longitud de trabajo verdadera.
- Si hemos llegado, por ejemplo, hasta un calibre 10, se repite la secuencia iniciándola con una lima calibre 40, con lo que en la zona de la constricción puede alcanzarse probablemente un diámetro 15. Se vuelve a repetir la secuencia empezando con una lima calibre 45, con la que alcanzaría un calibre apical de 20 o 25.

En la preparación corono-apical o corono-descendente se han de retomar algunos aspectos: el acceso a la zona apical no es difícil porque su diámetro sea pequeño, sino por las dificultades de paso de una lima a lo largo de todo

el conducto; antes de llegar a la zona apical, deben eliminarse los residuos contenidos en él, descontaminando progresivamente el conducto y evitando su extrusión al periápice; por último, la irrigación de la zona apical debe efectuarse de modo precoz.[3,4]

Beneficios de la técnica corono-apical

Promueve la conformación progresiva de las áreas anatómicas que interfieren en el ingreso de instrumentos a lo largo del conducto, así como la eliminación y neutralización con sustancias irrigadororas de los contenidos tóxico-infecciosos, cuya extrusión a través del foramen apical es causa de periodontitis posoperatorias y reagudizaciones. Esta concepción es ventajosa tanto en relación con los problemas patológicos y anatómicos como con la preparación quirúrgica.

La preparación cervical tiende a mejorar la percepción y control de la preparación apical, facilita las maniobras de conductometría y la determinación de diámetros en el conducto. La selección de los instrumentos adecuados para la preparación del tercio apical y la dirección operatoria, específicamente en esa zona, se condicionará al caso clínico en particular.[4]

1.3.3 Fuerzas balanceadas

La eliminación de los bordes cortantes del extremo apical de las limas K, suavizándose el ángulo de transición entre la punta y el resto del segmento cortante, y la constatación de que los instrumentos con un ángulo de corte inferior a 45° eran más eficaces mediante un movimiento de rotación, impulsó a Roane y colaboradores, en 1985, a presentar su técnica de fuerzas balanceadas. Se inicia la preparación con una cavidad de acceso radicular con limas K y fresas gates glidden. La técnica de fuerzas equilibradas propiamente dicha empieza entonces y tiene 3 fases:

1º. Para realizar la técnica, se realizan las mismas acciones: se obtiene una longitud de trabajo aparente y se traslada el primer instrumento, antes del primer movimiento se coloca sustancia irrigadora en la cámara pulpar. En la primera se introduce una lima K inactiva en su punta y se efectúa un giro horario con presión apical suave, con una magnitud variable en función de la curvatura del conducto, pero siempre inferior a 180° para evitar que el instrumento se doble.
2º. En la segunda fase se produce el corte de la dentina; se realiza mediante un giro de la lima en sentido antihorario con una cierta presión hacia apical y una magnitud no inferior a 120°. La presión hacia apical será similar a la aplicada en la lima para hacerla girar, y será mayor cuanto más grande sea el calibre de la lima empleada. La dentina opone una fuerza semejante y antagónica a la que ejerce la lima al cortar.
3º. La última fase consiste en efectuar 1 o 2 giros completos de la lima en sentido horario para extraer las virutas de dentina generadas y alojadas entre las espiras, seguida de una irrigación.

La secuencia se repite con limas de calibre menor hasta alcanzar la constricción, ensanchamiento en base a la terminación del conducto radicular[3] (figura 1)[5].

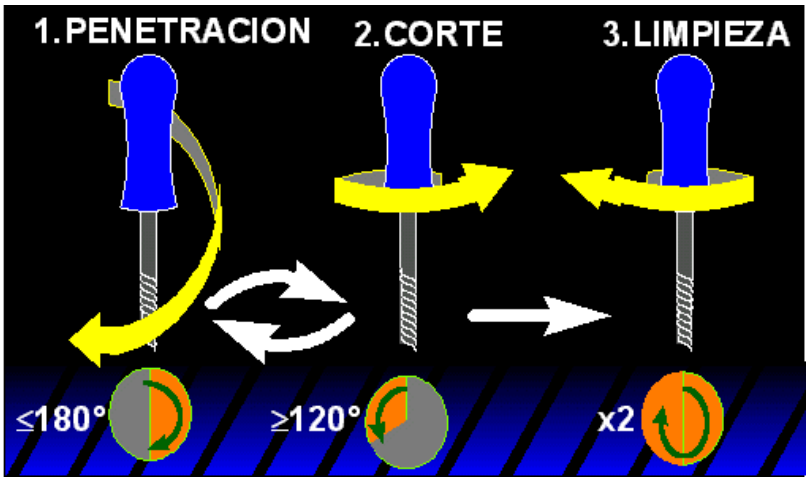


Figura 1. Secuencia con la técnica de fuerzas balanceadas (Roane)

1.4 Níquel–Titanio (NiTi)

1.4.1 Antecedentes históricos

Las aleaciones de níquel-titanio se desarrollaron en los laboratorios de la marina estadounidense en los años sesenta. La aleación recibió el nombre de Nitinol y, comparada con las aleaciones de acero inoxidable, poseía mayor flexibilidad y mayor resistencia a la fractura por torsión.[6,3]

En 1988, Walia, Gerstein y Bryant realizaron la primera serie de ensayos comparativos que demostraron las posibles ventajas de las limas de endodoncia fabricadas a partir de la aleación NiTi en endodoncia, originalmente empleadas para alambre de ortodoncia, las cuales contenían tres veces más flexibilidad que el acero inoxidable.

En 1991, la NT Company introdujo las primeras limas comerciales de níquel-titanio manual y mecanizado, algunas ventajas entre ellas eran elevada resistencia a la corrosión y una buena biocompatibilidad, además y, sobre todo, dos propiedades fundamentales: la superelasticidad y el efecto de memoria de forma.[4]

La aleación más utilizada para la confección de instrumentos endodóncicos es la denominada equiatómica. Está conformada de 49% a 51% de níquel y de 49 a 51% de titanio, y el agregado de pequeñas cantidades de otros elementos –por ejemplo, aluminio– otorga un cambio a las propiedades termomecánicas, lo que posibilita la fabricación de instrumentos con indicaciones específicas o requerimientos mecánicos diferentes.

Las propiedades de las aleaciones de NiTi permitieron diseñar instrumentos con morfologías innovadoras que generan nuevas combinaciones de partes activas, conicidades y secciones, al tiempo que posibilitaron introducir, de modo seguro, la mecanización en la preparación de los conductos radiculares, lo que constituye el progreso más relevante en el campo del diseño.

Como resultante de la superelasticidad, los instrumentos poseen una menor capacidad de corte, ya que la fuerza que opone la dentina para ser desgastada por la acción de limado es mayor que la que pueden ejercer los instrumentos de níquel-titanio de delgado calibre dada su alta flexibilidad.

Por su particular estructura cristalina, una lima de níquel-titanio tiene memoria de forma, es decir, que es capaz de recuperar su forma original después de haber sido deformada. Este factor es relevante en el empleo clínico, dada la imposibilidad del instrumento de precurvarse para abordar anatomías que así lo requieren.[4]

1.4.2 Composición y propiedades de NiTi

Como todas las aleaciones con memoria de forma, las de níquel-titanio presentan una estructura molecular cúbica estable y más resistente llamada austenita, que bajo tensión se transforma en una nueva disposición espacial molecular hexaédrica más inestable, pero también más flexible, denominada martensita. Con la liberación del esfuerzo, la aleación recupera su forma estable austenítica. Este cambio, producto de la fricción o la deformación del instrumento, se produce de forma gradual, por lo que ambas fases coexisten entremezcladas en la estructura. La fase intermedia, denominada fase R o romboidal es la fase de transición entre las dos anteriores con una configuración y una orientación de los cristales diferente. En el ámbito de esta fase existen diversas formas intermedias a las cuales -en el producto acabado y/o durante los procesos de producción- hoy en día se les atribuye la posibilidad de mejorar las propiedades de la aleación para el uso endodóncico.[4,7]

La aleación NiTi en estado de reposo a temperatura ambiente se encuentra en la fase austenítica, pero si es sometida a cargas mecánicas, como por ejemplo la rotación en un conducto radicular con estrés de naturaleza torsional consecuencial, se modifica la configuración de los cristales. Inicialmente se logra una variación cristalográfica de la fase R en unas formas intermedias y, sucesivamente, se verifica la transformación de fase propiamente dicha con la conformación de martensita o SIM (Strees Induced Martensite); ésta representa la forma más elástica en la que la aleación puede deformarse en medida relevante (7-8%). Al cesar la carga se obtiene la reconversión en la fase austenítica, la cual es más estable y resistente. Pero también es cierto que en la fase martensítica la aleación es mucho más débil y puede, por lo tanto, fracturarse bajo cargas de menor magnitud con respecto a las necesarias para la aleación en fase austenítica.

En lo que se refiere a la instrumentación endodóncica en NiTi, este fenómeno es posteriormente acentuado por la presencia de puntos de menor resistencia a las estructuras derivadas de los procesos mismos de fabricación[7] (Tabla)[4].

Tabla. Fórmula básica del níquel-titanio y las propiedades asociadas a los instrumentos.

Fórmula		Propiedades
NiTi	49 a 51% níquel	Alta memoria de forma Extrema flexibilidad y resistencia
	49 a 51% titanio	Inalterabilidad a la esterilización Inalterabilidad a los fluidos orales

1.4.3 Fabricación de los instrumentos endodóncicos

Las limas endodóncicas asociadas con la habilidad del operador son los instrumentos responsables de la regularización y la planificación de las paredes de los conductos radiculares, auxiliares en el proceso de desinfección y edificadores de la ubicación en la que se insertará el material de obturación. Los procesos de fabricación pueden producirse de dos formas[8]:

a- Torsión: un asta metálica con forma piramidal y sección recta triangular o cuadrangular es tomada en una de las dos extremidades y sometidas a rotación a la izquierda, generando hélices de derecha a izquierda, en forma de espiral con aristas vivas, responsable del corte de los instrumentos. Dependiendo del número de vueltas y de la forma de sección transversal, se obtienen instrumentos con diferentes propiedades mecánicas y capacidad de corte.

b- Desgaste o tallado: un asta de sección recta circular es sometida al corte con fresas, con un sentido helicoidal también de derecha a izquierda. Dependiendo del número de vueltas y del diseño de sección transversal se obtienen instrumentos con diferentes propiedades y conductas. Este mecanismo es elegido para la fabricación de los

instrumentos en aleaciones superelásticas de níquel titanio y el utilizado para confeccionar algunos determinados tipos de instrumentos en ligas de acero inoxidable.[8]

1.4.4 Limas de Níquel-Titanio

Son producidas por uso manual así como accionadas mediante motores. Las manuales siguen, como regla, un patrón, pero las rotatorias presentan una enorme variación en la conicidad, sección transversal, tipo de punta, etc. En los años ochenta, surgió el sistema NT sensor, desarrollado a partir del sistema de obturación de McSpadden. Después de este, se produjeron muchos instrumentos de diferentes fabricaciones y sin ningún tipo de patrones, como: ProFile (Dentsply-Maillefer®, Suiza), Quantec (Tycom Inc., EUA), Hero (MicroMega®, Besancon, Francia), K3 (SybronEndo®, Glendora, CA, EUA), ProTaper (Dentsply-Maillefer, Suiza), RaCe (FKG Dentaire®, Suiza) y más reciente, Sequence (Brassler®, EUA).

Utilizados en motores eléctricos, los instrumentos son fabricados por el proceso de tallado, que permite la fabricación de limas con conicidades diferentes. Otra diferencia básica es que estos instrumentos no actúan por desgaste, pero sí por ampliación, cortando eficientemente en áreas de contacto pequeñas.

1.4.5 Ventajas de las limas

La introducción de NiTi en endodoncia ha llevado a ventajas indiscutibles resumidas en tres puntos:

I- Aumento en la velocidad de realización de los procedimientos operativos: las metodologías tradicionales basadas en la utilización manual de instrumento de acero preveían el uso de un número elevado de limas. La especial eficacia de corte de los instrumentos NiTi y el uso de conicidades aumentadas permitieron reducir sensiblemente el

número de instrumentos necesarios para un alisado troncocónico del conducto y emplear de este modo menos tiempo para alcanzar esos objetivos.

II- Simplificación de los procedimientos operativos: la técnica de uso es más simple e inmediata con respecto a los procedimientos tradicionales, justamente debido a la extrema flexibilidad de la aleación NiTi y al uso de la rotación continua. Este punto, junto con la reducción del número de instrumentos necesarios para alisar el conducto y las relativas recapitulaciones se traduce en una disminución en el número de errores iatrogénicos. La instrumentación resulta simplificada también porque no es necesario precurvar las limas manuales en los conductos más complejos. En sustancia, la disminución en el número de pasos a realizar implica, en teoría, menos posibilidades de errores.

III- Predictibilidad y eficacia del tratamiento: el incremento de la conicidad de los instrumentos en NiTi permite alcanzar diámetros transversales de la preparación más adecuados. Mayores diámetros de preparación mejoran la capacidad de remoción mecánica de los contaminantes por parte del instrumento y al mismo tiempo aumenta el área sobre cuyas soluciones irrigantes logran actuar en forma química, favoreciendo asimismo su difusión hasta la región apical. La penetración apical de los irrigantes esta incrementada por una buena conformación cónica continua del conducto y por lo mismo los procedimientos de obturación del conducto radicular resultan simplificados, se llega a un mejor resultado si el conducto es alisado apropiadamente manteniendo la constricción apical.[7]

Una de las mayores ventajas de la instrumentación rotatoria en NiTi es la posibilidad de utilizar instrumentos con conicidades aumentadas. Estos instrumentos inmediatamente se consolidaron debido a una serie de ventajas, muy especialmente el uso de la conicidad aumentada (.04, .06, .08 y .12) estas son:

- Eliminar en forma precoz las interferencias cervicales.
- Servir de vehículo a una mayor cantidad de irrigantes en la zona apical, potenciando la limpieza química.
- Reducir el número de instrumentos necesarios para el alisado del conducto radicular.
- Mejorar la eficacia de corte de los instrumentos, reduciendo el área de contacto entre los instrumentos y la pared del conducto, incrementando de esta manera la fuerza aplicada por unidad de superficie.
- Simplificar las técnicas de obturación tridimensional a través de una adaptación íntima del material termoplástico a las paredes del conducto, con reducción del riesgo de extrusión más allá del ápice.[7]

1.4.6 Clasificación

Los instrumento endodóncicos en NiTi pueden ser clasificados en diversas generaciones, se ha introducido una amplia gama de instrumentos de níquel-titanio (NiTi) para dar forma a los conductos radiculares. Cada generación de instrumentos ha tenido algo nuevo que ofrecer y su intención ha sido mejorar en comparación con las generaciones anteriores. Muchas variables y propiedades físicas influyen en el rendimiento clínico de los instrumentos rotatorios de NiTi.[9]

En la década de 1990, salieron al mercado las primeras limas rotatorias de NiTi. Teniendo puntas redondeadas, sirviendo como guía en el conducto radicular, a diferencia de la punta activa.[9]

Limas de primera generación:

El primer instrumento rotatorio de NiTi con conicidad .02 fue diseñado por el Dr. John McSpadden y salió al mercado en 1992. Estos instrumentos comenzaron a cambiar la forma en que los dentistas veían la instrumentación, hubo problemas asociados con la fractura de limas. En 1994, el Dr. Ben Johnson introdujo una línea de limas que se conoció como ProFile 0.04. Poco después siguieron ProFile 0.06, sus formas de sección transversal se hicieron mecanizando tres ranuras en forma de "U" igualmente espaciadas alrededor del eje de un alambre de NiTi cónico. El Dr. Ben Johnson rompió el paradigma de conicidad ISO 0.02 al hacer estas limas más cónicas. El Dr. Johnson junto con el Dr. McSpadden son generalmente considerados como los padres de los limas rotatorias de NiTi.

Otros sistemas de limas rotatorias aparecieron poco después, cada uno con sus supuestas ventajas, como el LightSpeed desarrollado por el Dr. Steve Senia y el Dr. William Wildey, el Quantec desarrollado por el Dr. John McSpadden, y las limas Greater Taper desarrollados por el Dr. Steve Buchanan.[9]

Limas de segunda generación:

Las limas rotatorias NiTi de primera generación tenían cortes radiales pasivos y requerían un número considerable de limas para lograr los objetivos de preparación. A finales de la década de 1990, la próxima generación de limas rotatorias de NiTi llegó al mercado. Las distinciones críticas de esta generación de instrumentos son que tienen bordes de corte activos y se requieren menos instrumentos para preparar completamente un conducto. Esta generación de

limas NiTi incluye los sistemas rotatorios ProTaper® (Dentsply Tulsa) que, a diferencia de todos los demás instrumentos de corte de NiTi pasivos o activos, tiene múltiples reductores de tamaño creciente y decreciente en una sola lima. El sistema ProTaper se basa en un concepto único y originalmente comprendía solo seis instrumentos; ProTaper Universal ahora se complementa con dos limas de diámetro en sus puntas más grandes.

Varios sistemas de segunda generación fueron diseñados con ángulos de corte positivos, lo que les dio una mayor eficiencia de corte, por ejemplo, el sistema K3 (SybronEndo®, Orange, CA) inventado por el Dr. McSpadden. Otros sistemas introducidos fueron EndoSequence (Brasseler®, Savannah, GA, EE. UU.) y BioRaCe (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds®, Suiza).[9]

Limas de tercera generación:

Las mejoras en la metalurgia de NiTi se convirtieron en el sello distintivo de lo que se puede identificar como la tercera generación de limas de conformación mecánica. El tratamiento térmico es uno de los enfoques fundamentales para ajustar las temperaturas de transición de las aleaciones de NiTi aumentando la resistencia a la fatiga.

Desde 2007, se han desarrollado nuevas tecnologías de procesamiento y fabricación termomecánicas para optimizar la microestructura de las aleaciones de NiTi. Recientemente, surgen varios sistemas de NiTi procesados termomecánicamente, como el HyFlex™ CM (HyFlex; Coltene® Whaledent, Cuyahoga Falls, OH), K3XF (SybronEndo, Orange, CA), ProFile GT Serie X (GTX; Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK), ProFile Vortex y Vortex Blue (Dentsply Tulsa), TYPHOON™ Infinite Flex NiTi (TYP CM; Clinician's Choice Dental Products, New Milford, CT), y Twisted-Files™ (TFs; SybronEndo).

M-wire (SportsWire, Langley, OK) se introdujo en 2007. Se produce mediante la aplicación de una serie de tratamientos térmicos a los alambres de NiTi. Estos sistemas incluyen ProFile GT Series X de Dentsply®, ProFile Vortex y Vortex Blue. El primer sistema rotatorio endodóncico disponible comercialmente que utiliza el nuevo material NiTi M-wire fue el GT Series X. La mayoría de los principios de diseño de las limas GT todavía están presentes en los instrumentos GTX.

CM Wire (DS Dental, Johnson City, TN) es una nueva aleación de NiTi con propiedades flexibles que se introdujo en la endodoncia en 2010. Las limas CM NiTi se fabrican mediante un proceso termomecánico especial que controla la memoria del material, lo que hace que las limas sean extremadamente flexibles, sin la memoria de formas de otros sistemas NiTi. Tanto los instrumentos HyFlex como los TYPHOON CM están hechos de CM Wire.

En 2008, SybronEndo presentó el primer sistema NiTi estriado fabricado por deformación plástica (Twisted Files), un proceso similar al proceso de torsión que se utiliza para producir la mayoría de las limas K. Según el fabricante, un proceso térmico permite la torsión durante una transformación de fase en la llamada fase R de NiTi. El instrumento fue primero disponible con punta #25 y conicidad 0.04 hasta 0.12. Los instrumentos con punta #30, 35 y 40 fueron agregados recientemente.

El diseño de los instrumentos K3 fue actualizado recientemente por SybronEndo, y el sistema ha estado disponible bajo el nombre de K3XF desde 2011. Los instrumentos K3 y K3XF son idénticos en forma y se diferencian solo en que los instrumentos K3XF se someten a un tratamiento térmico posterior al mecanizado.[9]

Limas de cuarta generación:

El mayor número de limas disponibles comercialmente que se utilizan para dar forma a los conductos radiculares se fabrican a partir de NiTi y se accionan mecánicamente en rotación continua. Sin embargo, la reciprocidad, definida como cualquier movimiento repetitivo de ida y vuelta, se ha utilizado clínicamente para impulsar limas de acero inoxidable desde 1958. Inicialmente, todos los motores y las piezas de mano giraban las limas en ángulos iguales de 90° en el sentido de las agujas del reloj (CW) y rotación en sentido antihorario (CCW). Con el tiempo, prácticamente todos los sistemas recíprocos en el mercado comenzaron a utilizar ángulos de rotación CW / CCW más pequeños pero iguales. En la actualidad, M4 (SybronEndo), Endo-Eze AET (Ultradent®) y Endo-Express (Essential Dental Systems) son ejemplos de sistemas recíprocos que utilizan ángulos pequeños, iguales a 30° de rotación CW / CCW.

En 2008, el Dr. Ghassan Yared identificó los ángulos precisos de CW / CCW que permitirían el uso de una sola lima ProTaper de 25 / 0.08 reciprocante para dar forma óptima a prácticamente cualquier conducto. Aunque esta técnica de reciprocidad específica estimuló un interés considerable, este sistema ProTaper F2 nunca fue diseñado para ser utilizado de esta manera. En 2011, tanto WaveOne® (Dentsply Tulsa Dental Specialties y Dentsply Maillefer) como Reciproc® (VDW) se lanzaron como técnicas de conformación de lima única. Ambos sistemas están hechos de M-Wire. La innovación en tecnología de reciprocidad condujo a una cuarta generación de instrumentos para dar forma a los conductos. La experiencia clínica y los estudios futuros determinarán si esta generación de instrumentos y la tecnología relacionada han cumplido la promesa de la esperada técnica de lima única.

El sistema de ajuste automático (SAF®; ReDent-Nova, Raanana, Israel) representa un nuevo enfoque en el diseño de limas y el modo de operación.

La lima es un dispositivo hueco, diseñado como un cilindro enrejado NiTi de paredes delgadas y delicadas con una superficie ligeramente abrasiva. A diferencia de los sistemas rotatorios tradicionales de níquel-titanio (NiTi), el sistema SAF utiliza un instrumento recíproco hueco con un accesorio para la irrigación que actúa a través de su vástago hueco y esto se hace simultáneo en toda la preparación mecánica. Cuando se inserta en el conducto de la raíz, el fabricante afirma que SAF es capaz de adaptarse a la forma del conducto en tres dimensiones. El instrumento se utiliza en un movimiento de limado (hacia adentro y hacia afuera), y la superficie abrasiva de los hilos de la red promueve una eliminación uniforme de la dentina, se establece una ruta de planeo inicial con una lima K # 20 para permitir la inserción del instrumento 22 de SAF.[9]

Limas de quinta generación:

La quinta generación de limas de conformación ha sido diseñada de tal manera que el centro de masa y/o el centro de rotación están desplazados. En rotación, las limas que tienen un diseño de desplazamiento producen una onda mecánica de movimiento que se desplaza a lo largo de la longitud activa de la lima. Este diseño de compensación sirve para minimizar el acoplamiento entre la lima y la dentina. Ejemplos comerciales de marcas de limas que ofrecen variaciones de esta tecnología son Revo-S®, One Shape® (Micro-Mega, Besançon, Francia) y ProTaper® Next (PTN; Dentsply Tulsa Dental Specialties / Dentsply Maillefer).

La tecnología M-wire y la quinta generación continúan mejorando el diseño de compensación. Este diseño genera una onda mecánica de movimiento a lo largo de la parte activa de la lima. El efecto serpenteante sirve para minimizar la interacción entre la lima y la dentina en comparación con la acción de una lima cónica fija con una masa de rotación centrada. Este diseño

de lima también puede disminuir la probabilidad de compactar lateralmente los residuos y bloquear la anatomía del sistema del conducto radicular.[9]

1.4.7 Sistema Rotatorio de NiTi

El cumplimiento de los objetivos mecánicos para la instrumentación de los conductos ha desconcertado a los odontólogos desde hace muchos años, especialmente antes de la propuesta de Walia, Brandey y Gerstein de introducir instrumentos de endodoncia de niquel titanio. Los instrumentos rotatorios de NiTi son un valioso complemento en la preparación de los conductos radiculares, aunque los instrumentos manuales permiten agrandar algunos conductos con la misma eficacia cuando se usan las secuencias adecuadas. Hulsmann y cols. en el 2005, revisaron tanto las antiguas como las nuevas técnicas de preparación de conductos radiculares y demostraron claramente la gran cantidad de deficiencia y problemas que los clínicos enfrentan. Instrumentar conductos con limas manuales de acero inoxidable y fresas Gates Glidden no es, y nunca lo ha sido, fácil de lograr ni ha tenido un grado de previsibilidad aceptable, por lo tanto, muchas técnicas evolucionaron para evitar problemas de instrumentación manual de conductos con limas de acero inoxidable. Todas estas técnicas requieren el uso de múltiples instrumentos y secuencias; sin embargo, al preparar el conducto continúan surgiendo los problemas iatrogénicos tales como bloqueos, escalones, transporte o perforación.[10,2]

La preparación automatizada del sistema de conductos radiculares se conoce desde finales del siglo XIX, cuando Rollins utilizó un contra-ángulo de baja velocidad que rotaba tan sólo a 100 revoluciones por minuto, no fue sino hasta 1950 cuando aparecieron varios tipos de piezas de mano endodóncicas para la preparación del conducto radicular, entre ellos el sistema Giromatic

(Micro Mega) y la pieza de mano Racer (W&H Pfingt & Co. Inc.). Su objetivo era intentar reducir el tiempo de trabajo y simplificar la preparación del conducto radicular.[1]

El uso de las limas de NiTi en rotación continua ha recorrido un largo camino hacia la eliminación de los problemas mencionados anteriormente, especialmente cuando las limas son utilizadas con un motor de endodoncia especializado que controla la velocidad y la torsión. Igualmente importante son la limas de NiTi para instrumentación más flexible que sirven para seguir con mayor facilidad el trayecto original del conducto, limitando al mismo tiempo la extrusión de los residuos hacia la región apical (Reddy, Hicks, 1998: Pettiette y cols. 2001). Sin embargo, aunque existen considerables ventajas para el uso de las limas NiTi en movimiento rotatorio continuo, todos los sistemas de limas disponibles en el mercado se ven afectados por la fatiga cíclica y la torsión, especialmente en los conductos más largos, estrechos y muy curvos.[10]

Los instrumentos manuales sólo deben usarse después de la cavidad de acceso y que los conductos se inunden de irrigante, entonces se introduce una lima exploradora precurvada en el conducto. Un lubricante puede ayudar a prevenir el bloqueo apical. Una vez establecida la longitud de trabajo, empieza el ensanchamiento apical hasta el tamaño deseado.[2]

El término vía de transición gradual se ha utilizado en endodoncia desde principios de la década de 2000 y hace referencia a la preparación de una vía abierta hasta la terminación del conducto que pueden seguir los instrumentos motorizados usados a continuación. La vía de transición gradual mínima típica tiene un tamaño de lima K del número 15 al 20 y debe confirmarse con una lima recta, no precurvada. Para simplificar este proceso se introdujeron varios pequeños instrumentos motorizados, como Pathfiles, Scout RaCe y G-File. Puede necesitarse una irrigación abundante y frecuente recapitulaciones con una lima más pequeña hasta la longitud de trabajo y, en algunos casos, los

profesionales deben idear estrategias creativas mediante el uso de secuencias crown-down o de tipo step-back.[10,2]

Rotación recíproca asimétrica.

En 2008, Yared propuso preparar todo el conducto radicular con un solo instrumento (ProTaper F2), pero mediante un motor que efectuaba un giro recíproco asimétrico, con un ángulo de giro superior en movimiento horario y uno menor en sentido antihorario. De Deus y cols. demostraron una mayor resistencia a la fatiga cíclica con este instrumento en rotación recíproca asimétrica que en movimiento rotatorio, sin mayor extrusión de residuos a través del foramen apical.[3]

1.4.7.1 Secuencia Corono-Apical

Esta técnica fue la predominante durante muchos años y aún se utiliza, por ejemplo, para ProFile y otros instrumentos. Conviene señalar que las instrucciones de los fabricantes de esos sistemas son algo diferentes, y que las ofrecidas para GT rotatorias, RaCe y Twisted File varían todavía más. El clínico siempre debe leer las instrucciones del fabricante para obtener detalles sobre el trabajo de esos instrumentos.[2]

En general, los sistemas rotatorios de NiTi postulan el preensanchado de la porción coronal del conducto con las fresas Gates-Glidden antes de una instrumentación más profunda. El acceso radicular (preensanchado coronal) 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. 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 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 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 el sistema ProTaper, un diseño de NiTi que combina conicidades progresivas múltiples dentro del mismo eje.[11,2]

Una vez que está completa la determinación de longitud de 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 conicidades hasta 8 o 10%, mientras que limitan el tamaño de la punta. 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. Enseguida se determina el cuerpo de la preparación con limas con conicidad al 6%. La preparación apical se realiza con multiples pasos de

conformación. Se recomienda la recapitulación durante la preparación con lima manual de calibre más pequeño.

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.[11,2]

La técnica de los instrumentos ProTaper difiere de las empleadas para la mayoría de las demás limas rotatorias (excepto para MTwo, WaveOne y Reciproc) en cuanto a que no se realiza la técnica corono apical tradicional. Las limas manuales de tamaños 10 y 15 se insertan de modo pasivo en los dos tercios coronales del conducto radicular como limas exploradoras para confirmar la presencia de una vía de transición gradual lisa y reproducible. Este paso es esencial con los instrumentos de conformación ProTaper debido a que su efecto de corte es sobre todo lateral ya que tienen puntas finas y frágiles. A continuación se insertan pasivamente las limas de conformación S1, S2 en los conductos explorados, llenos de solución irrigante, si es necesario se usa la lima SX.[2]

Después de la irrigación el tercio apical es recorrido totalmente y ensanchado hasta por lo menos una lima K de tamaño ISO 15 y se confirma la longitud de trabajo de acuerdo con la anatomía del conducto, el resto de la preparación apical se puede realizar con limas rotatorias de conformación y acabado ProTaper; como alternativa se pueden colocar unos mangos sobre esos instrumentos de forma que se puedan usar manualmente para la técnica de las fuerzas equilibradas.[2]

Ventajas de la técnica corono-apical

- Disminución de la tensión de fricción ejercida sobre los instrumentos.
- Remoción de la parte coronal infectada antes de ingresar a la parte apical del conducto radicular.
- Acceso en línea recta, lo que reduce significativamente la alteración de la longitud de trabajo durante la preparación del conducto.
- Mejor acceso para los irrigantes hacia la parte apical del conducto radicular, por lo que se genera mayor contacto entre las soluciones de irrigación y los microorganismos intraconducto.
- Riesgo reducido de extrusión apical de residuos hacia el tejido periapical.[12]

1.4.8 Limitaciones de la instrumentación rotatoria

- Es notablemente influenciada por la anatomía del conducto radicular, ya que si ésta es especialmente compleja, está en capacidad de transmitir cargas mecánicas notables a los instrumentos pudiendo tornar difícil o peligrosa la fase de alisado y exponiendo a un mayor riesgo de errores iatrogénicos y fracturas.
- Longitud de conducto más allá de la curvatura. Después de la curvatura, el instrumento no trabaja exclusivamente en torsión, sino que a esta carga deben agregarse cargas continuas de tracción y compresión (cargas flexurales) que determinan un notable aumento a la fatiga. Estas cargas serán mayores en la medida en que sea más larga la porción del conducto situada apicalmente a la curvatura, ya que una porción más amplia de las hojas es excesivamente sometida a carga con una notable acumulación de la fatiga. Por lo tanto, a paridad del diámetro y de radio de curvatura, las curvas ubicadas a un nivel más

coronal son las que determinan mayor estrés mecánico por parte de los instrumentos.

- Inclinación del instrumento cuando es introducido a nivel de la embocadura del conducto radicular. Si se logra ser lo suficientemente rectilíneo en la introducción del instrumento, las únicas cargas que le serán transmitidas serán las que se derivan del contacto con las paredes del conducto radicular, que por lo tanto están en relación con la anatomía del espacio endodóncico. Por otra parte, cuando por razones de espacio no se logra obtener una inclinación ideal del instrumento en la entrada del conducto, este sufrirá una curvatura adicional y de esta forma será sometido a cargas adjuntas a las derivadas por la anatomía normal del sistema de conductos radiculares.
- Relación existente entre la masa del instrumento y la anatomía interna del conducto. En los conductos rectos, en los que también entran en juego cargas de naturaleza exclusivamente torsional, los instrumentos de dimensiones y conicidades mayores, es decir, que están dotados de mayor masa, trabajan mejor. En los conductos curvos, en donde también entran en juego cargas de naturaleza flexural, los instrumentos que trabajan mejor son, por otra parte, los más delgados, dotados de menor masa y, por lo tanto, son más flexibles y resisten mucho más la fatiga cíclica.[7]

1.4.9 Diseño

El diseño es fundamental ya que caracteriza los diferentes instrumentos propuestos por las diversas casas fabricantes y la actuación clínica de los mismos, con el pasar de los años se han modificado ampliamente, tanto que en la actualidad es posible hablar de al menos tres generaciones:

- Primera generación: caracterizada por la presencia de planos radiales y de una parte central de diámetro reducido debido a una mayor

flexibilidad de los instrumentos de conicidad aumentada, que han sido desarrollados a la par de la introducción de la instrumentación rotatoria en NiTi, la limitación de estos instrumentos reside en su baja agresividad, debido a la presencia de planos radiales y de ángulos de corte neutros. La punta de los instrumento de la primera generación eran por lo general tipo piloto, no cortante. En efecto debe destacarse que la eficacia de los instrumentos depende en buena parte de los ángulos de corte, que pueden ser positivos, neutros o negativos. Un ángulo moderadamente pasivo muestra la máxima eficiencia de corte, mientras que un ángulo excesivamente activo puede causar la fractura. Los instrumentos con ángulo neutro o negativo pulen o raspan la dentina en lugar de cortarla, aumentando en mayor medida el riesgo de compactar el barrillo dentinario contra las paredes dentinarias y los túbulos.

- Segunda generación: con hojas y ángulos de corte negativo (Race) o con ángulos y hojas de corte positivo (Hero). En estos instrumentos para poder sostener las hojas y el corte de las espirales se incrementó el alma residual, es decir, la parte central del instrumento, aun cuando eso ha tornado más rígidos los instrumentos, aumentando el riesgo de errores iatrogénicos en la porción apical de conductos con curvas complejas.
- Tercera generación: corte muy eficiente. Estos se caracterizan por soluciones de diseño innovadoras con el fin de mejorar la eficacia y la seguridad de la instrumentación rotatoria, manteniendo un abordaje simplificado para la preparación y reducir el número de instrumentos en NiTi. Entre estos instrumentos se destacan los K3, con un alma residual relativamente amplia, con un diseño complejo el cual tiene como propósito garantizar un buen soporte a las partes cortantes para una mejor resistencia mecánica junto con una válida remoción coronal de los detritos. Otros instrumentos de tercera generación como los

ProTaper, son extremadamente eficientes en el corte pero con el alma residual amplia, sobre todo en los instrumentos más grandes, con el riesgo de transporte en el conducto radicular; para obviar este concepto se introdujo el concepto de conicidad no uniforme del instrumento, es decir, es más cónico en las porciones apicales y menos cónico en aquellas más coronales.[7]

1.4.10 Nuevos procesos de fabricación

Recientemente se registra cierto interés por parte de las casas fabricantes en el uso de nuevas aleaciones y procesos de producción diferentes. Estos procesos tienen como fin no debilitar los instrumentos en la fase de fabricación y que se realicen tratamientos térmicos especiales sobre la aleación con el fin de conservar e incrementar las propiedades mecánicas de los instrumentos. Muy particularmente, han sido utilizados tratamientos térmicos destinados a mejorar la flexibilidad y la resistencia de las limas, como en el caso de la tecnología M-Wire y de las limas EndoWare.[7]

1.4.11 Fractura de las limas

La incidencia de fractura de limas de NiTi ha sido reportado entre el 0.9 y 21% (Sattapan y cols. 2000; Arens y cols. 2003; Alapati y cols 2005; Parashos, Gordon, Messer y cols. 2004). La fractura continúa siendo un problema adverso e importante cuando se utilizan limas en rotación continua, a pesar de los avances en el diseño de las limas, su metalurgia y la gestión de la vida de deslizamiento (Berutti y cols. 2004).[10]

Las dos causas principales de instrumentos son la fatiga cíclica (flexión) y por la torsión. Pruett y cols. (1997) describen que la fatiga cíclica se origina por ciclos repetidos de tensión-compresión a la tracción, especialmente en la preparación de conductos curvos. Esta fatiga es causada por la alteración en la estructura y el trabajo, los cuales endurecen al metal.[10]

Sattapan, Nervo, Palamara y Messer (2000) analizaron el tipo y frecuencia de defectos en las limas rotatorias de NiTi. La tensión a la torsión causada por el uso excesivo de la fuerza apical se produjo con más frecuencia que la fatiga por flexión. El "atascamiento en el conducto" se produce cuando una longitud excesiva de la parte activa de una lima se atasca en el conducto durante la rotación. El atascado no deseado genera tensión por torsión y fractura de limas (Peters y Barbakow, 2002). Cuando el diámetro del conducto es más estrecho que el diámetro de la lima, la capacidad de la lima para avanzar en el conducto disminuye. En estos casos, la lima de rotación se atascará en el conducto y dejará de rotar y/o fracturará.[10]

Métodos de prevención de las fracturas

Para contrastar la aparición de las fracturas por torsión es posible:

- Crear un *glide path* (patrón de deslizamiento) hasta la longitud de trabajo con una lima manual #15 o #20; de esta forma se reducirá la posibilidad de un efecto *taper-lock* (atascamiento) de la punta.
- Utilizar un motor eléctrico con control de la velocidad y del torque, y seguir estrictamente el ajuste previsto para cada diferente instrumento.
- Llevar el avance del instrumento en el conducto 1 mm a la vez, lentamente y en forma gradual; si el instrumento no avanza en el conducto por más de un 1 mm, cambiar el instrumento y utilizar uno posiblemente más delgado en cuanto a la conicidad o la punta.

- Adoptar una secuencia de instrumentación que contenga diferentes conicidades (para disminuir las zonas de contacto) y distintos diámetros en la punta, con el fin de reducir o distribuir el estrés por torsión sobre todos los instrumentos de la secuencia; no eliminar pasos en la secuencia del sistema.
- Lubricar el conducto con soluciones irrigantes, preferiblemente sin quelantes, para reducir la fricción del instrumento sobre las paredes del conducto y, por lo tanto, el torque.
- No bajar mucho la velocidad de instrumentación (por debajo de 150 revoluciones por minuto), ya que aumenta el valor del torque.[7]

Para contrastar y prevenir la fractura por fatiga es posible:

- Obtener un acceso rectilíneo en la parte apical del conducto, reduciendo de esta forma la carga sobre el instrumento y prolongando el radio de curvatura.
- Evitar utilizar instrumentos de conicidad mayor a 0,04% (más rígidos) para conductos con radio de curvatura medios o estrechos.
- Utilizar sólo instrumentos de conicidad .02 (más flexibles) si se modelan conductos con curvaturas acentuadas.
- Limitar el contacto de los sistemas rotatorios NiTi con el hipoclorito para reducir los potenciales efectos de electrocorroción.
- La inspección de los instrumentos es un método que no garantiza la reutilizabilidad de los instrumentos. La detección de distorsiones en el paso de los instrumentos es signo de un precedente de estrés por torsión excesivo, lo cual desaconseja su uso.[7]

2 ProTaper Gold®

Fabricados en níquel titanio, con conicidad múltiple en la parte activa, lo cual hace que al final tenga el conducto una forma cónica uniforme, Desarrollada con metalurgia avanzada de tratamiento térmico, misma geometría que la ProTaper® Universal, con flexibilidad y resistencia cíclica aumentada, reduciendo los riesgos de separación de instrumentos. Cuenta con sección transversal triangular convexa y conicidad progresiva. Con mangos más cortos permitiendo un mejor acceso a los dientes posteriores[13,14] (figura 2)[15].

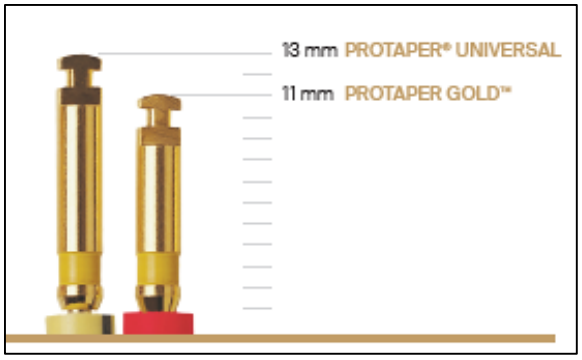


Figura 2. El mango más corto de ProTaper Gold® mejora la accesibilidad a los dientes posteriores.

La sección transversal de la lima ProTaper muestra un triángulo convexo con bordes cortantes afilados y sin apoyos radiales. La sección transversal de las limas F3, F4 y F5 está ligeramente aliviada para aumentar la flexibilidad. Las tres limas de conformación (*shaping*) tienen conicidades que aumentan en sentido coronal, y en las cinco limas de acabado (*finishing*) se observa el patrón inverso[2] (figura 3 y 4)[16,17].

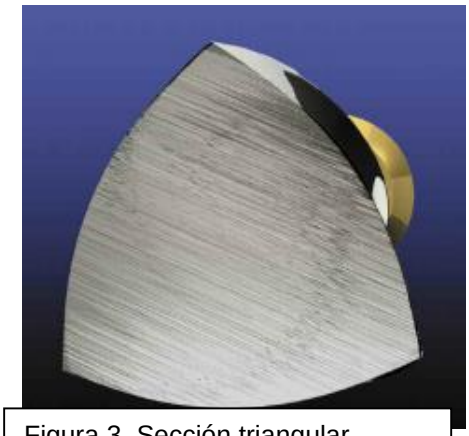


Figura 3. Sección triangular convexa (SX, S1, S2, F1, F2)

Figura 4. Sección triangular cóncava (F3, F4, F5)

En el primer grupo se hallan SX, S1 y S2. La SX está indicada para la preparación en el tercio coronario, tiene 19mm de longitud, calibre 0.19 en su punta, con una primera conicidad apical de 0.04. La S1, con calibre 0.18 en su punta, tiene una primera conicidad de 0.02. La S2 con calibre 0.20 en su punta tiene una conicidad apical 0.04. Todas están indicadas para realizar la preparación del tercio cervical y medio del conducto o de la parte recta del conducto, estas tres limas se deben utilizar con una dinámica especial: cuando estén girando, deben ser llevadas al encuentro de las paredes dentinarias en acción de cepillado hasta que el tercio cervical que se está preparando tenga las dimensiones deseadas[13] (figura 5)[15].

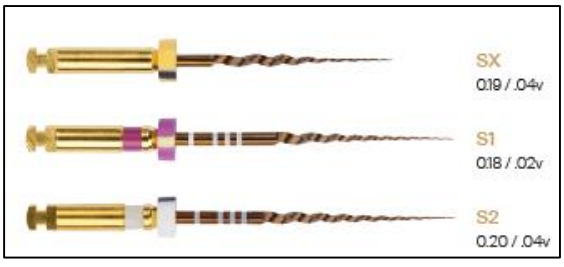


Figura 5. Las limas de conformación ProTaper Gold pre-ensanchan los conductos y están diseñadas para usarse con la misma técnica de cepillado.

Las limas del segundo grupo las *finishing* tienen puntas no cortantes y harán la preparación del tercio apical: F1, F2, F3, F4 y F5. La F1, con calibre en la punta de 0.20, tiene una primera conicidad apical de 0.07; la F2 tiene en su punta un calibre 0.25 y una primera conicidad apical de 0.08; la F3, con calibre 0.30 en la punta, tiene una primera conicidad apical de 0.09: la F4, con un calibre en la punta de 0.40 y una primera conicidad apical de 0.06; por último, la F5, con calibre 0.50 en la punta, tiene una primera conicidad apical de 0.05. Con excepción de SX, todas se comercializan en 21, 25 y 31mm[13] (figura 6)[15]

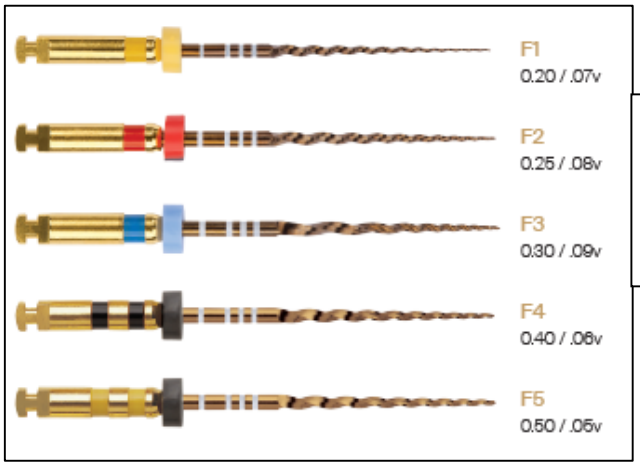


Figura 6. Las limas de finalización ProTaper Gold son más flexibles por lo que cada conducto se puede conformar y acabar con un enfoque de sistema completo.

Las limas ProTaper Gold tienen un proceso de transformación en dos etapas a altas temperaturas, mientras que las ProTaper Universal cuentan con sólo una etapa, las limas ProTaper Gold están fabricadas siguiendo un proceso que les confiere apariencia dorada. Debido a este procedimiento patentado, las limas ProTaper Gold pueden tener un aspecto no totalmente recto. No se trata de un defecto de fabricación. Aunque la lima se puede enderezar fácilmente con los dedos, no es necesario enderezarla antes del uso. Una vez dentro del conducto la lima ProTaper Gold se adaptará a la anatomía. Estas pueden utilizarse con velocidades de motor entre 250 rpm y 350 rpm, los ajustes recomendados para el torque son: S1 y Sx a 5.1 Ncm; S2 y F1 a 1.5 Ncm; F2, F3, F4 y F5 a 3.1 Ncm[14,18] (figura 7 y 8)[15].

2.1 Características

- Misma geometría que ProTaper Universal
- Mayor flexibilidad que ProTaper Universal
- Mango corto (11mm)
- Diseño de punta no cortante
- Conicidad progresiva[15]

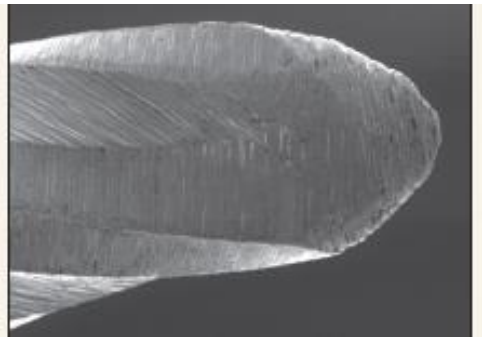


Figura 7. El diseño de la punta no cortante permite que cada instrumento siga de forma segura la porción del conducto ya instrumentada y la pequeña área plana de la punta mejora la capacidad de encontrar su camino a través del tejido blando y los detritus.

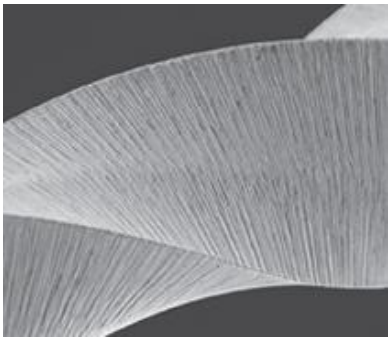


Figura 8. La sección triangular y la conicidad variable mejoran el corte a la vez que disminuyen la fricción rotacional entre la hoja de la lima y la dentina

2.2 Secuencia de uso según el fabricante

1º. Evaluación radiográfica tomada desde diferentes ángulos del plano horizontal para determinar la anchura, longitud y curvatura del conducto o raíz en cuestión.

2º. Preparación de acceso en línea recta al orificio de entrada del conducto, teniendo presente la conicidad, la planicidad y el acabado de las paredes axiales internas.

3º. En presencia de un gel quelante (como el acondicionador de conductos radiculares Glyde® File Prep) realice una exploración de los 2/3 coronales con limas manuales del 10 y del 15. Trabaje gradualmente con estos instrumentos hasta confirmar una vía de deslizamiento reproducible. De forma alternativa, puede utilizar limas mecanizadas para vías de deslizamiento (como ProGlider® o PathFiles®) después de usar una lima manual del 10.

4º. En presencia de NaOCl, haga “flotar” la S1 en el conducto y “siga” pasivamente la vía de deslizamiento. Antes de que encuentre una ligera resistencia, “cepille” lateralmente cortando la dentina con el movimiento de retirada para mejorar el acceso en línea recta y la progresión apical. Cepille siempre alejándose de la furcación.

5º. Continúe la conformación con la S1 de la forma descrita hasta alcanzar la profundidad de la lima manual 15.

6º. Utilice la lima S2, exactamente igual que la S1, hasta alcanzar la profundidad de la lima manual 15.

7º. En presencia de un gel quelante o NaOCl, explore el 1/3 apical con limas manuales 10 y 15, trabaje gradualmente con ellas hasta que queden sueltas en toda su longitud.

8º. Determine la longitud de trabajo, confirme la permeabilidad y verifique la presencia de una vía de deslizamiento suave y reproducible en el 1/3 apical.

9º. Utilice la S1 con acción de cepillado hasta alcanzar la longitud de trabajo.

10º. Utilice la S2 con acción de cepillado hasta alcanzar la longitud de trabajo.

11º. Reconfirme la longitud de trabajo, irrigue, recapitule y vuelva a irrigar, especialmente en los conductos más curvos.

12º. Utilice la lima de acabado F1 sin acción de cepillado, profundizando cada vez más con cada inserción hasta alcanzar la longitud de trabajo. No deje la lima en la longitud de trabajo durante más de un segundo.

13º. Calibre el foramen con una lima manual 20. Si el instrumento queda ajustado en la longitud, el conducto está conformado y listo para la obturación.

14º. Si la lima manual 20 está floja en la longitud, proceda con la lima F2 y, si es necesario, con las F3, F4 y F5, con el mismo movimiento sin cepillado hasta la longitud de trabajo. De esta manera opcional se podrá calibrar después de cada lima de acabado con limas manuales del 25, 30, 40 o 50 respectivamente.

15º. Si es necesario, utilice la lima SX con movimiento de cepillado para alejar la parte coronal del conducto de las concavidades del área furcal y/o para crear mayor ensanchamiento coronal. La SX también se puede utilizar para conformar los conductos de forma óptima en raíces más cortas.

16º. La secuencia ProTaper Gold® es la misma independientemente de la longitud, diámetro o curvatura del conducto.[18]

3 WaveOne® Gold

Es una lima de uso único. En la mayoría de los casos, cuando hay una vía de deslizamiento confirmada, lisa y reproducible, se requiere sólo una lima para instrumentar completamente y de manera óptima un conducto. El sistema incluye cuatro instrumentos: *Small*, *Primary*, *Medium* y *Large* con anillos de identificación de colores en el mango, respectivamente, amarillo, rojo, verde y blanco. El movimiento reciprocante es el mismo que el de la antigua WaveOne®, por lo tanto, puede utilizarse el mismo motor con movimiento recíproco y programa que estábamos utilizando hasta este momento.[10,19]

La mayoría de los sistemas de NiTi disponibles en el mercado son accionados mecánicamente en rotación continua. Sin embargo, el movimiento oscilante que se define como un movimiento repetitivo arriba y abajo o adelante y atrás, puede ser utilizado para activar los elementos empleados en el tratamiento de conductos radiculares. El movimiento oscilante se utilizó en endodoncia en 1958, cuando la empresa W&H (Dentalwerk, Bürmoos, Austria) comenzó a comercializar la pieza manual Racer que utilizaba limas de acero inoxidable, como un pistón en un movimiento ascendente y descendente.[10]

Estas fueron diseñadas para atrapar, cortar dentina y liberarse usando ángulos bidireccionales H (Horario) y AH (Antihorario) desiguales. Para este fin un motor especial es utilizado para producir el movimiento bidireccional desigual específico. El motor X Smart plus (Dentsply Maillefer) con su contrángulo reductor de 6:1, o el motor Promark (Dentsply Tulsa) con su contrángulo 8:1, están programados para producir los ángulos oscilantes, el torque y la velocidad deseada. Estos motores pueden ser utilizados tanto para el movimiento reciprocante como para la rotación continua. Importante destacar que los modos reciprocantes están predefinidos en ambos motores, es decir, los ángulos H y AH, así como los ajustes de torsión y velocidad no

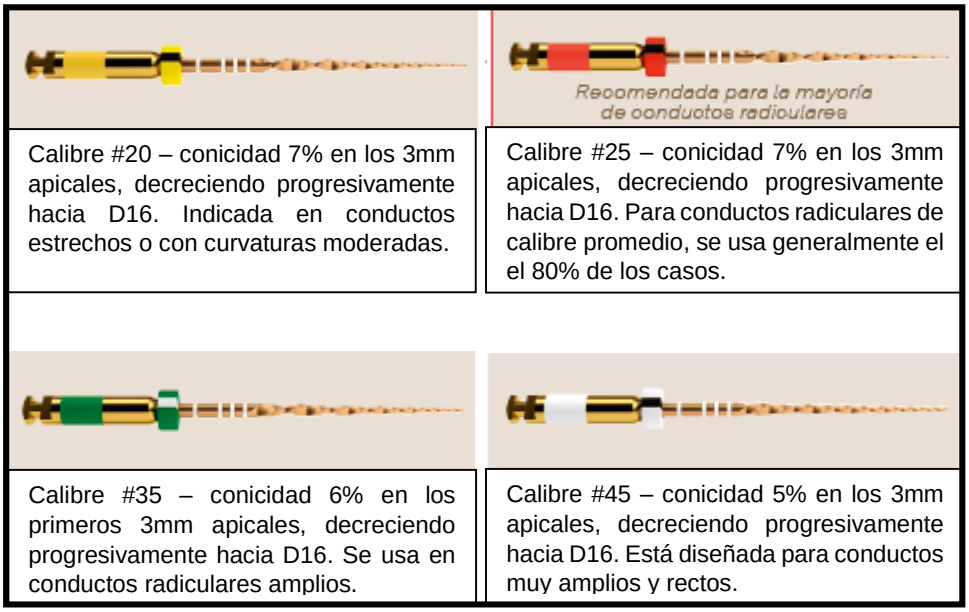
pueden ser alterados. Sin embargo, el clínico puede ajustar la velocidad y torque, según lo desee, al utilizar un movimiento de rotación continua.[10]

Con el ajuste de los ángulos H y AH de torsión y velocidad por el clínico, primero se gira la lima 150° en dirección AH, que sirve para cortar la dentina, luego gira la lima 30° en dirección H para liberar el instrumento. Estratégicamente el ángulo de corte es menor que el limite elástico de cualquier lima WaveOne. Después de cada ciclo de corte AH/H, el movimiento de limas neto es de 120° y, después de tres ciclos de corte, la lima ha girado 360°. Los ángulos bidireccionales desiguales permiten a la lima avanzar de forma más segura y eficiente. Estratégicamente, los ángulos bidireccionales desiguales expulsan los residuos fuera del conducto de manera más eficaz en comparación con las limas que utilizan ángulos bidireccionales iguales.[10]

Las limas están disponibles en tres longitudes clásicas: 21, 25 y 31mm. Y tienen un mango corto de 11mm para mejorar el acceso a los dientes posteriores. Todas ellas disponen de conicidad variable en su proporción activa para mejorar la flexibilidad y permitir una preparación más conservadora del sistema de conductos radiculares en la zona coronal. Puede ser útil el uso de un instrumento auxiliar, el SX de ProTaper®, cuando ciertas situaciones requieren una reubicación del orificio coronal, o si se necesita más amplitud del tercio coronal (Capar y cols. 2014). Como es habitual con Maillefer, el WaveOne® Gold es parte de un sistema global: los conos de gutapercha y puntas de papel estandarizados, así como obturadores específicos (Gutta-Core) completan la secuencia fundamental para una gestión eficaz de todo el tratamiento del conducto.[19]

3.1 Características

- La aleación *Gold* combina la flexibilidad con resistencia a la fatiga clínica y torsional, mientras que es lo suficientemente rígida para optimizar la eficiencia de corte. Este tipo de aleación mejora la facilidad con que el instrumento llega a longitud de trabajo.
- Reduce la fuerza del instrumento contra la pared del conducto, minimizando el transporte radicular. El tratamiento *Gold* proporciona, además, una mayor seguridad de uso con una sensación táctil mejorada, así como una increíble capacidad de gestión de curvaturas complejas.
- Los instrumentos presentan una conicidad variable, como todos los instrumentos de Maillefer (figura 9 y 10).[20,21]



Calibre #20 – conicidad 7% en los 3mm apicales, decreciendo progresivamente hacia D16. Indicada en conductos estrechos o con curvaturas moderadas.	Calibre #25 – conicidad 7% en los 3mm apicales, decreciendo progresivamente hacia D16. Para conductos radiculares de calibre promedio, se usa generalmente el el 80% de los casos.
Calibre #35 – conicidad 6% en los primeros 3mm apicales, decreciendo progresivamente hacia D16. Se usa en conductos radiculares amplios.	Calibre #45 – conicidad 5% en los 3mm apicales, decreciendo progresivamente hacia D16. Está diseñada para conductos muy amplios y rectos.

Figura 9. El sistema cuenta con 4 limas. *Small* (Amarillo #20/.07), *Primary* (rojo #25/.07), *Medium* (verde #35/.06) y *Large* (blanco #45/.05)

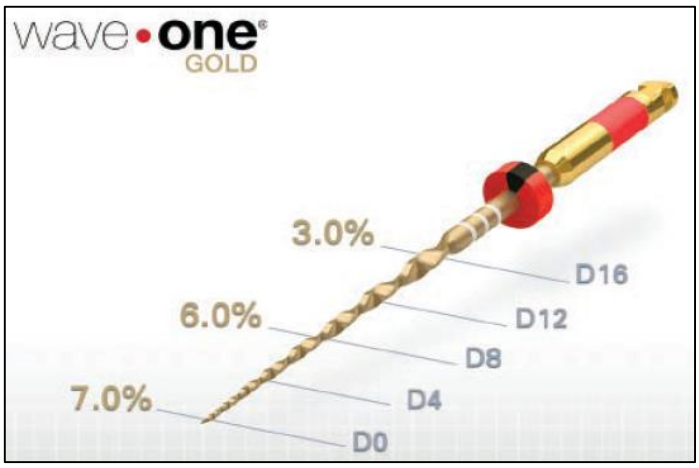


Figura 10. Cada lima tiene una conicidad fija de D1 a D3; sin embargo, la conicidad de D4 a D16 se hace más decreciente, esto para que haya mayor preservación de dentina.

WaveOne® Gold tiene un tratamiento térmico posterior a su fabricación, obteniendo una nueva aleación, denominada justamente *Gold*. El sistema WaveOne tiene una sección triangular convexa pura de D9 a D16 y modificada de D1 a D8, en cambio el sistema WaveOne Gold presenta una sección de paralelogramo con aristas de 85º. Este diseño reduce la masa del instrumento y proporciona espacio para liberar detritus del conducto radicular (Machtou y cols. 2014). Además esta sección cuadrangular deja una o dos aristas de corte quedando libres dos o tres para minimizar el estrés torsional del instrumento, evitando el famoso y temido *taper-lock* o bloqueo (Berutti y cols. 2003)[19] (figura 11 y 12).[20,21]

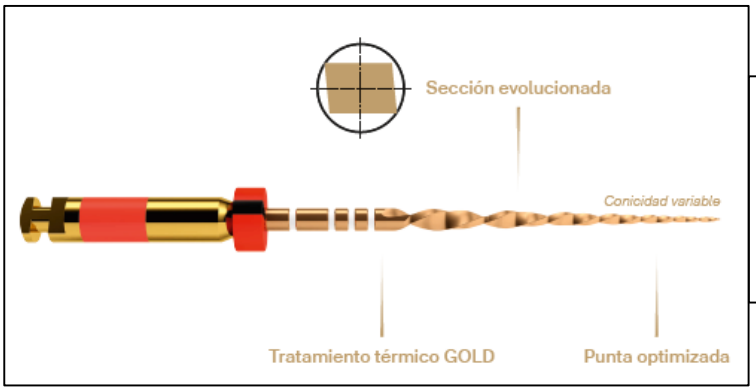


Figura 11. Optimización de los diámetros de la punta, conicidades y sección, para la eficacia y conformación de los conductos radiculares

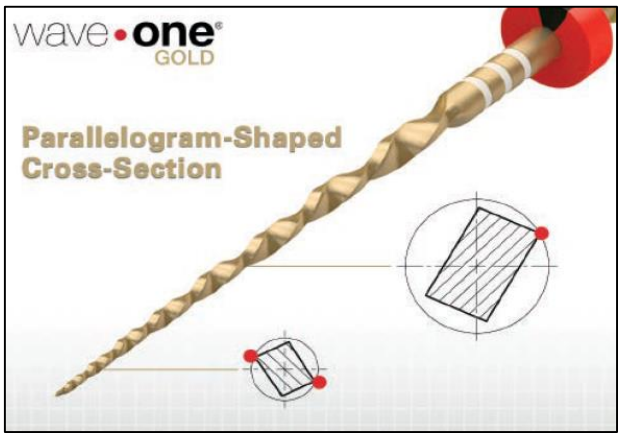


Figura 12. Se muestra la sección transversal con forma de paralelogramo y desplazamiento alternado el cual limita el acoplamiento entre la lima y la dentina.

3.2 Secuencia de uso según el fabricante.

1º. Evaluación radiográfica: Revisar la radiografía tomada desde diferentes ángulos del plano horizontal para determinar anchura, longitud y curvatura del conducto radicular.

2º. Preparación del acceso en línea recta al orificio de entrada del conducto, teniendo presente la conicidad, la planicidad y el acabado de las paredes axiales internas.

3º. Aplicar gel quelante y utilizar una lima manual del calibre 10 para verificar la vía de deslizamiento hasta la longitud apropiada. En conductos más estrechos, utilizar una lima manual del calibre 08 en cualquier región del conducto para crear la vía de deslizamiento.

4º. Expandir dicha vía hasta al menos 0,15 mm utilizando una lima manual o mecánica específica, como PathFile, ProGlider o la lima específica WaveOne® Gold Glider.

5º. Iniciar SIEMPRE el proceso de conformación con la lima Primary (025/07 roja) aplicando hipoclorito de sodio (NaOCl).

6º. Aplicar una leve presión hacia dentro y hacer avanzar la lima *Primary* pasivamente por cualquier zona del conducto donde se haya verificado una vía de deslizamiento. Tras haber conformado 2-3 mm del conducto, retirar y limpiar la lima *Primary*, irrigar, recapitular con una lima manual del calibre 10 y volver a irrigar.

7º. Continuar con la lima *Primary* y hacer 2 o 3 pasadas para llevar a cabo una conformación de los dos tercios coronales del conducto.

8º. Efectuar un movimiento de cepillado hacia el exterior para eliminar interferencias coronales o para mejorar los resultados de conformación en conductos que presenten secciones transversales irregulares.

9º. En conductos más restringidos, utilizar una lima manual del calibre 10 y aplicar gel quelante para continuar hasta el término del conducto. Utilizar esta lima con suavidad hasta que quede completamente suelta en toda su longitud.

10º. Establecer la longitud de trabajo, confirmar la permeabilidad apical y verificar la vía de deslizamiento.

11º. Expandir dicha vía hasta al menos 0,15 mm utilizando una lima de vía de deslizamiento manual o mecánica.

12º. Hacer avanzar la lima *Primary* hasta la longitud de trabajo completa en una o más pasadas. Al alcanzar dicha longitud, retirar la lima para evitar agrandar el foramen en exceso. Inspeccionar las espiras apicales; si están llenas de restos de dentina, significa que la conformación está acabada.

13º. Si la lima *Primary* no avanza, utilizar la lima *Small* (020/07 amarilla) en una o más pasadas hasta la longitud de trabajo y, a continuación, utilizar la lima Primary hasta la longitud de trabajo para optimizar la forma.

14º. Una vez confirmada la forma, continúe con los protocolos de desinfección.[22]

Si la lima *Primary* está suelta a la longitud dada y no hay restos de dentina en las espiras apicales, continuar la conformación con la lima *Medium* (035/06 verde) o *Large* (045/05 blanca) hasta que se llenen las espiras apicales.[22]

4 Hyflex® EDM

Mecanizado por descarga eléctrica, las nuevas limas Hyflex™ EDM constituyen la 5° generación de limas endodóncicas. Las limas de NiTi Hyflex EDM tienen propiedades totalmente nuevas gracias a su innovador proceso de fabricación por descarga eléctrica o EDM. Al entrar en contacto el material de base y la herramienta eléctrica, se genera una potente descarga. Las chispas generadas durante este proceso hacen que la superficie del material se funda y se evapore.[23]

Así es como se crea la superficie única de las nuevas limas de NiTi Hyflex EDM, ahora más fuerte y resistente a la rotura. Esta combinación totalmente única de flexibilidad y resistencia a la rotura, permite reducir el número de limas necesarias para la limpieza y el conformado durante las endodoncias sin comprometer la conservación de la anatomía del conducto radicular.[23]

Al igual que las limas Hyflex™ CM, las Hyflex EDM cuentan con el conocido efecto de memoria controlada o CM. De esta forma se obtienen unas propiedades muy similares en cuanto a regeneración y flexibilidad del material. Si la lima no recupera su forma tras el tratamiento con calor, se deforma plásticamente, aumentando así el riesgo de rotura. Estas limas no deben utilizarse. Gracias a esta inspección visual, el número de usos de las limas es mayor que el de las limas de NiTi convencionales.[23]

Estas limas se fabrican utilizando un proceso exclusivo en el que la fase cristalográfica transita de austenita a martensita a temperatura ambiente, otorgándoles las limas las características de que sean extremadamente flexibles y resistentes a la rotura.

4.1 Diseño

EDM incluye limas de seis tamaños para realizar con la máxima sencillez los tratamientos, especialmente en los conductos rectos, hasta el tamaño ISO 40. Al igual que todas las limas de NiTi Hyflex, las limas Hyflex EDM están preesterilizadas para poder iniciar el tratamiento de inmediato junto con el pequeño y práctico organizador Hyflex y las puntas de gutapercha de mayor conicidad, de dimensiones precisas. Según la situación clínica, el uso de las limas EDM se reduce a 2-3 limas, especialmente en los conductos rectos y más grandes (figura 13).[24]

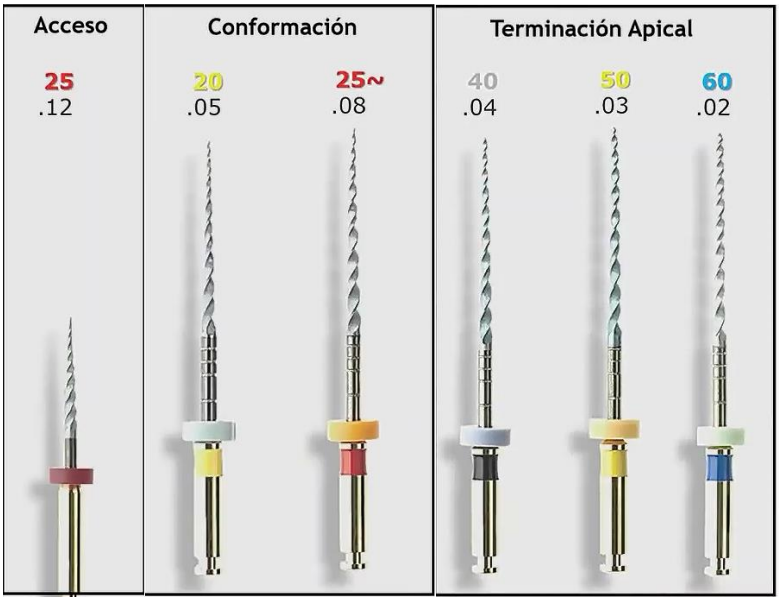


Figura 13. El sistema cuenta con seis limas.: Orifice opener #25/.12; dos limas de conformación, amarilla #20/.05 y roja #25/.08 (OneFile); y tres limas de terminado apical; negra #40/.04, amarilla #50/.03 y azul #60/.02. Se puede agregar la lima Glidepath o sustituirse por limas manuales ISO 10 v 15

Todas las limas de NiTi Hyflex EDM se pueden utilizar a 400 rpm y con un torque de hasta 2.5 Ncm (25 mNm), a excepción de las limas Glidepath, que se pueden utilizar a 300 rpm y con un torque de hasta 1.8 Ncm (18 mNm) (figura 14).[24]

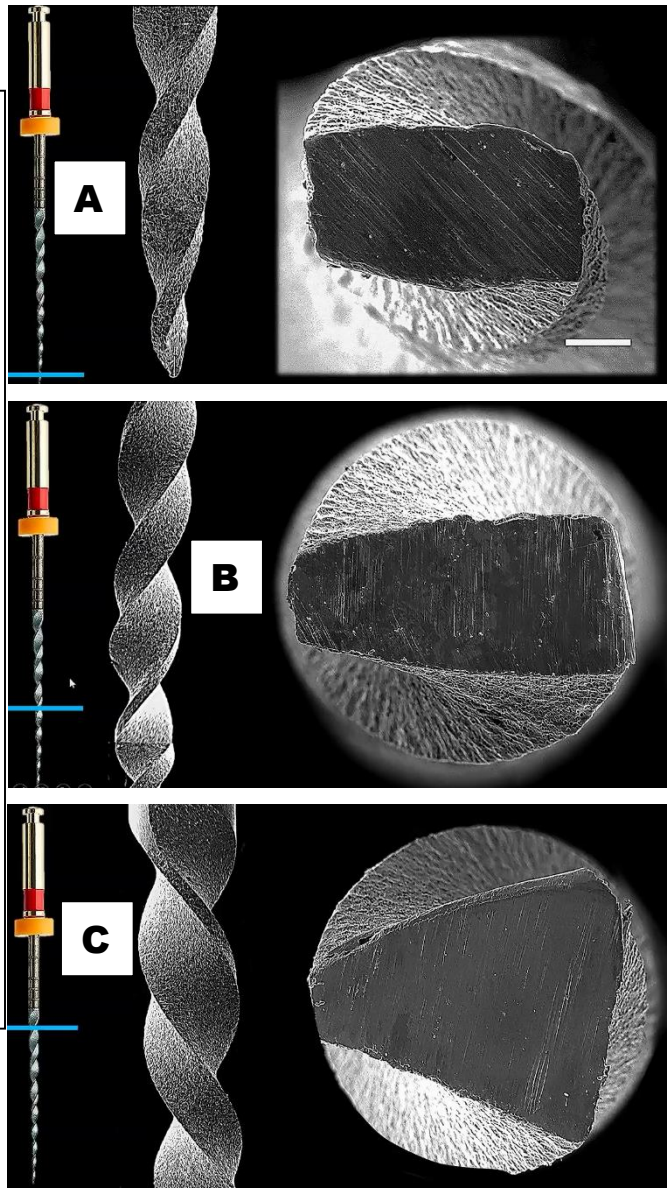


Figura 14. Sección transversal de la lima en sus respectivos tercios; apical, medio y cervical.

A. Vista de de la sección transversal a nivel de la punta obteniendo forma rectangular
B. Vista de la sección transversal a nivel medio obteniendo una forma trapezoidal, teniendo una base mayor y una base menor.
C. Vista de la sección transversal a nivel cervical obteniendo una forma triangular.

4.2 Secuencia de uso según el fabricante

1º. Uso opcional de la lima orifice opener. 25/.12

2º. Realizar trayectoria de acceso al conducto con lima ISO #10 o hacer uso de la lima GlidePath 10/.05

3º. Utilizar limas de conformado 20/.05 Hyflex™ EDM, 25/- Hyflex™ OneFile.

4º. Cambiar a limas de acabado 40/.04, 50/.03, 60/.02 (figura 15).[24]

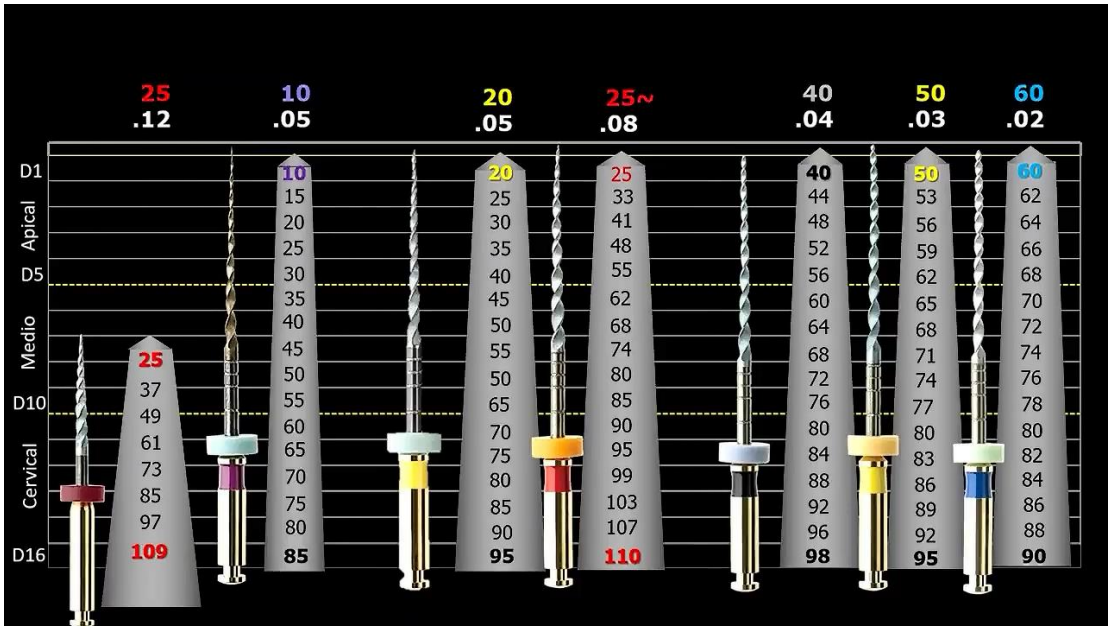


Figura 15. Aumento de conicidad de acuerdo a la lima.

5 V-Taper™ 2H

Ha habido múltiples intentos de desarrollar limas de NiTi que sean menos propensas a transportar y más resistentes a la fractura. En intentos anteriores se ha utilizado el electropulido (Bui y cols. 2008), la implantación de iones (dos Santos y cols. 2012), el revestimiento de la superficie y el tratamiento térmico (Braga y cols. 2014; Chang y cols. 2013). Los intentos recientes han utilizado tratamientos térmicos (Shen y cols. 2013) para modificar las temperaturas de transición de fase (Gutmann y Gao, 2012) y, por lo tanto, mejorar las propiedades mecánicas de los sistemas (Gutmann y Gao, 2012).[25]

Recientemente, se desarrollaron e introdujeron al mercado sistemas rotatorios NiTi Wire de memoria controlada (CM). Los fabricantes afirman que la flexibilidad y la resistencia a la fatiga / tensión torsional de los sistemas basados CM-Wire están sustancialmente mejoradas. Un estudio previo (Shen y cols. 2011) informaron que los instrumentos basados en CM-Wire tienen una resistencia superior a la fatiga cíclica que las limas convencionales de NiTi. Sin embargo, el mecanismo que subyace a su resistencia mecánica y flexibilidad mejoradas es en gran medida desconocido.[25]

5.1 Características

El sistema V-Taper™ 2H consiste en limas con conicidades variables fabricadas de una aleación de NiTi modificada llamada CM-Wire. Este sistema de limas rotatorias con rendimiento mejorado acorta el tiempo de tratamiento mediante el uso de menos limas, lo que permite un tratamiento seguro,

eficiente y conservador del conducto radicular. El uso de V-Taper 2H permiten que la mayoría de los molares y premolares se completen con 2-3 limas rotatorias y dientes anteriores con 1-2 limas. V-Taper 2H es una serie de limas de NiTi patentado y con conicidades variables que permiten una conformación apical más profunda realizándolo con menos instrumentos. Las limas producen una ruta de acceso conservadora que preserva más estructura dental sana en el conducto del diente, que es fundamental para un soporte más duradero en restauraciones. Las limas rotatorias V-Taper™ 2H presentan un diseño de sección transversal triple hélice que combina eficiencia y flexibilidad lo cual la hace segura y resistente a la fractura. Estas características deseables permite que el clínico combine efectivamente el acceso y la configuración en un solo proceso integrado al establecer la permeabilidad del conducto, las limas rotatorias V-Taper 2H están precedidas idealmente por el uso de V-Glide Path™ 2; cuando se usan juntos, el sistema V-rotary agrega precisión a los procedimientos en el conducto radicular, ahorra tiempo en la realización del tratamiento y reduce el estrés del operador y el paciente[26,27](figura 16).[27]

Figura 16. Sección transversal de la lima “triple hélice”

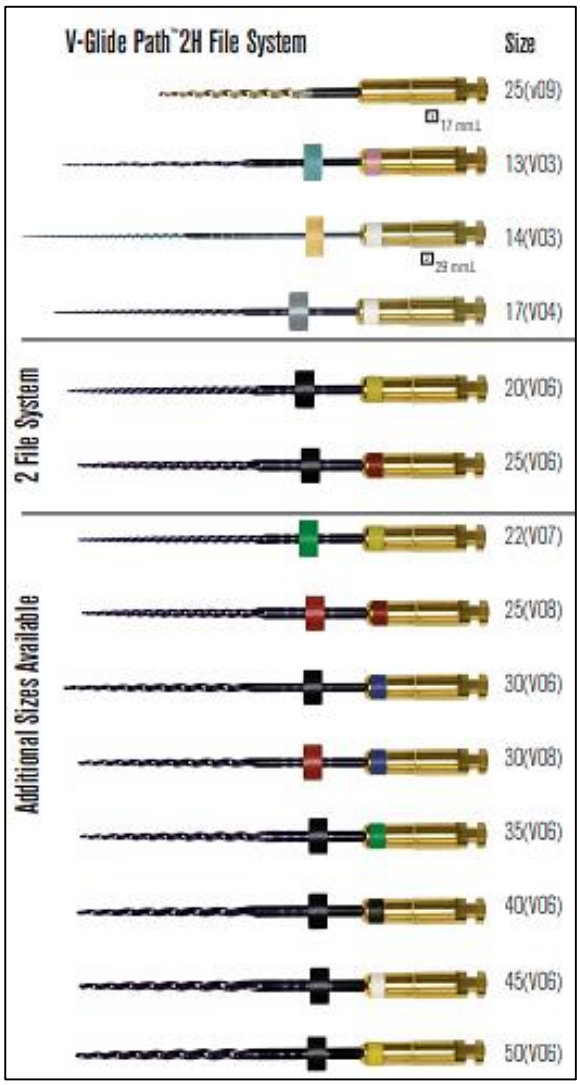


Figura 17. Distintos tipos de lima del sistema V-Taper™ 2H.

El sistema rotatorio V-Taper 2H cuenta con dos limas NiTi cónicas variables y tamaños adicionales disponibles.

Shenoi y cols. (2017) realizaron un estudio en el cual se concluyó que el sistema V-Taper 2H mostró más capacidad de centrado en el conducto y menor transportación en comparación con los sistemas rotatorios ProTaper Next y HyFlex CM. Esto se puede atribuir a su diámetro de eje reducido y menos área de sección transversal[26] (figuras 17, 18 y 19).[28,29]

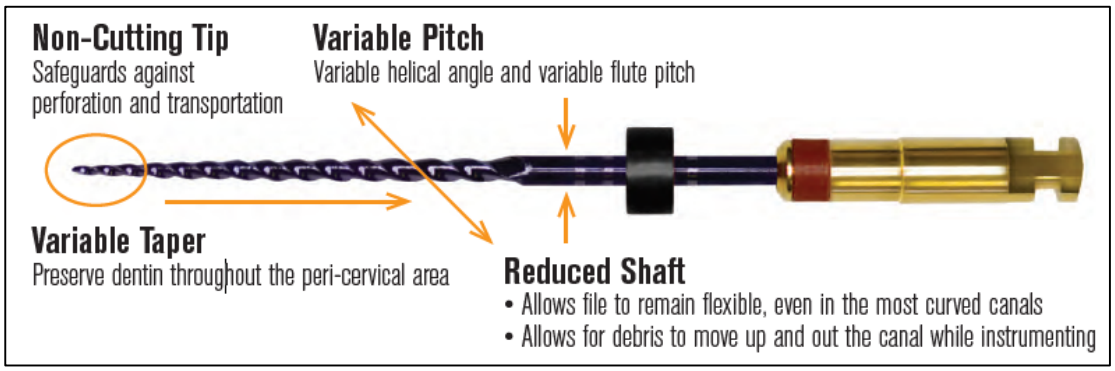
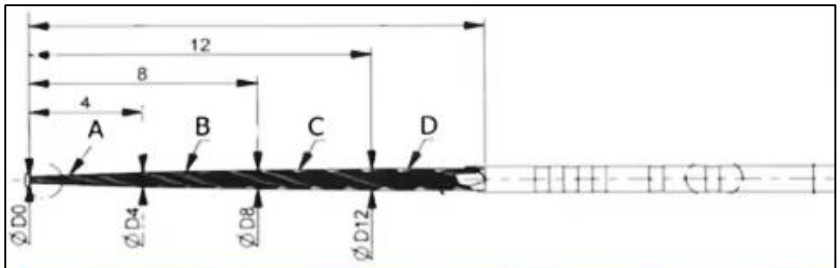


Figura 18. La lima cuenta con una punta no cortante, ángulo helicoidal variable y conicidad variable.



File	A%	B%	C%	D%	D0	D12
v04/17	4	2	2	0	0.17	0.49
v06/20	6	3	2	0	0.20	0.64
v06/25	6	3	2	0	0.25	0.69
v06/30	6	3	2	0	0.30	0.74
v06/35	6	3	2	0	0.35	0.79
v06/40	6	3	2	0	0.40	0.84

Figura 19. Aumento de conicidad de acuerdo a la lima.

5.2 Secuencia de uso según el fabricante

El motor tendrá que trabajar a una velocidad de 250 rpm con un torque de 2.4 a 2.6 N.

1. Negociación del conducto con lima tipo “K” #10 ó #15
2. Uso de la lima 17/.04 a 2 mm menos de longitud aparente
3. Establecimiento de longitud de trabajo
4. Lima 17/.04 a valor de longitud de trabajo

5. Trabajo de las siguientes limas a longitud de trabajo en forma secuencial.
6. La lima final será dependiendo del caso

Teniendo en cuenta que siempre después de cada instrumento se tiene que irrigar y patentizar el conducto radicular.

6 Revisión de artículos comparativos

Gündogar y Özyürek (2017), realizaron un estudio con el propósito de comparar las resistencias a la fatiga cíclica de los sistemas Reciproc® Blue, Hyflex™ EDM, WaveOne® Gold y One Shape®, sistemas de un solo instrumento. Para la realización del estudio se incluyeron 30 instrumentos Reciproc Blue R25, 30 HyFlex EDM, 30 WaveOne Primary y 30 OneShape. Todos los instrumentos fueron rotados en conductos artificiales que fueron hechos de acero inoxidable con un diámetro interno de 1.5 mm, un ángulo de curvatura de 60° y registró en segundos, utilizando un cronometro digital. Los datos se analizaron estadísticamente. Como resultado se obtuvo que el sistema HyFlex EDM mostró estadísticamente una alta resistencia a la fatiga y el sistema OneShape el de menor resistencia. Como conclusión se llegó a que el sistema HyFlex EDM contiene una mayor resistencia a la fatiga cíclica en comparación con los sistemas OneShape, reciproc Blue y WaveOne Gold.[30]

Özyürek, Yilmaz y Uslu (2017), hicieron un estudio con el objetivo de comparar la capacidad de conformación de los sistemas Reciproc, WaveOne Gold y HyFlex EDM, instrumentos hechos de NiTI en conductos radiculares simulados en forma de “S”. Se prepararon 60 conductos en forma de “S” en bloques de resina a un tamaño apical de 0.25 mm utilizando los sistemas RPC R25, WOG Primary y HEDM OneFile. La cantidad de resina eliminada por cada sistema se midió utilizando una plantilla digital y un software de análisis de imágenes en 22 puntos diferentes. También se registraron aberraciones de los conductos. Los datos se analizaron estadísticamente utilizando las pruebas de Kruskal-Wallis y post hoc de Dunn test al 5%. Como resultado se determinó que Reciproc eliminó una mayor cantidad de resina de todas las regiones del conducto en comparación con los sistemas WOG y HEDM.[31]

Gu y cols. (2017), realizaron un estudio con el objetivo de evaluar el desempeño de varios sistemas rotatorios NiTi tratados térmicamente en conductos de resina en forma de “S”. Para el procedimiento se instrumentaron cuarenta conductos de resina, 10 para cada grupo; Twisted Files® (Fase-R), WaveOne® (M-Wire), HyFlex™ CM y V Taper™ 2H (CM-Wire). Cada conducto de resina en forma de “S” se exploró antes y después de la instrumentación con tomografía computarizada, los cambios en la conformación del conducto y la transportación se evaluaron a intervalos regulares, las diferencias entre los instrumentos en la curva apical, curva coronal y porción recta de los conductos se analizaron estadísticamente. Como resultado se obtuvo que todos los instrumentos probados causaron mayor transportación en las curvaturas coronal que apical a excepción de los Twisted File en los cuales la transportación fue más alto en apical, la transportación estuvo mayormente influenciada por el tipo de aleación en lugar de sus características de sección transversal. Se concluyó en que entre los instrumentos NiTi tratados térmicamente, los basados en CM crearon las preparaciones más favorables en los conductos de resina en forma de “S”.[32]

Shenoi y cols. (2017), elaboraron un estudio con el objetivo de comparar la transportación de los instrumentos dentro del conducto y evaluar la capacidad de mantenerse centradas dentro de la luz del conducto, esto en conductos radiculares curvos utilizando los sistemas rotatorios V-Taper 2 H, ProTaper® Next y HyFlex CM, mediante tomografía computarizada de haz cónico. Se dividieron 30 conductos mesiobucales de molares mandibulares en tres grupos, los conductos fueron instrumentados de acuerdo a las indicaciones de los fabricantes. Los conductos se escanearon con un escáner CBCT antes y después de la preparación para evaluar la relación del transporte y centrado a 3 mm, 6 mm y 9 mm del ápice. Los tres grupos se compararon estadísticamente con el análisis de varianza y la prueba de Tukey post hoc. Los resultados demostraron que el sistema V-Taper 2H presentó los

mejores resultados, experimentaron menor transporte y se mantuvieron mejor dentro de la luz del conducto a comparación de los sistemas ProTaper Next y HyFlex CM. Y las ProTaper Next causaron menor transporte a nivel apical que las limas HyFlex CM.[26]

Uslu y cols. (2018), elaboraron un estudio con el objetivo de evaluar el efecto de las soluciones de hipoclorito de sodio (NaOCl) y EDTA en la resistencia a la fatiga cíclica de WaveOne® y WaveOne® Gold, se dividieron en 5 grupos el primero fue sin inmersión; el grupo 2 con inmersión en NaOCl al 5.25% durante 5 minutos; el grupo 3 con inmersión en NaOCl al 5.25% durante 10 minutos; el grupo 4 con inmersión en EDTA al 17% durante 5 minutos; y el grupo 5 con inmersión en EDTA al 17% durante 10 minutos. Luego los instrumentos se utilizaron en un conducto artificial hasta que se produjo la fractura y se registró el tiempo de fractura. Los resultados mostraron que las limas de WaveOne Gold fueron superiores a las limas de WaveOne en todas las condiciones probadas y se concluyó que las soluciones de NaOCl y EDTA no tenían ningún efecto sobre la resistencia a la fatiga cíclica de los sistemas WaveOne y WaveOne Gold.[33]

Gagliardi y cols. (2015), realizaron un estudio en el que evaluaron las características del sistema ProTaper® Gold en comparación con los sistemas ProTaper® Next y ProTaper® Universal, estas se midieron utilizando imágenes tomográficas computarizadas en los conductos. Las limas rotatorias ProTaper Gold y ProTaper Next resultaron en un menor transporte apical y mayor capacidad para mantener el grosor de la dentina que el sistema ProTaper universal. El estudio se realizó en veinticuatro primeros molares mandibulares con 2 conductos mesiales separados y se le revisaron anatómicamente mediante un escaneo tomográfico micro computarizado. Las diferencias en los resultados fueron pequeñas. PTG y PTN produjeron menos transporte y mantuvieron más dentina que PTU. PTN tuvo menos contacto con la pared del conducto que PTG y PTU, pero los tres sistemas instrumentaron los conductos

de la raíz mesial moderadamente curvados de los molares mandibulares sin errores clínicamente significativos.[34]

Hieawy y cols. (2015), realizaron un estudio en el que midieron el comportamiento, resistencia a la flexión y fatiga cíclica de las ProTaper® Gold comparada con las ProTaper® Universal. Los instrumentos se sometieron a flexión rotacional a una curvatura de 40° y un radio de 6mm, se registró el número de ciclos de la fractura. La superficie de fractura de todos los fragmentos se examinaron con un microscopio electrónico de barrido. La flexibilidad se determinó mediante pruebas de flexión de 45° según la especificación ISO 3630-1. Los instrumentos no utilizados y fracturados se examinaron mediante calorimetría diferencial de barrido. Los resultados exhibieron al sistema ProTaper Gold con mayor flexibilidad y resistencia a la fatiga, esto se le atribuye al tratamiento térmico especial del sistema ProTaper Gold.[35]

Elnaghy y Elsaka (2016), realizaron un estudio con el objetivo de comparar la resistencia a la fatiga cíclica y al estrés torsional, la flexibilidad y la microdureza del sistema ProTaper Gold con el sistema ProTaper Universal. Estas limas se rotaron en conductos simulados y se registró el número de ciclos hasta el fallo para evaluar la resistencia a la fatiga cíclica. La resistencia a la torsión se midió utilizando un torsiómetro después de fijar firmemente los 3mm apicales del instrumento. También se utilizó un microscopio electrónico de barrido para obtener las características topográficas de las superficies de fractura de los instrumentos rotos. Los instrumentos fueron probados para la resistencia a la flexión utilizando la prueba de flexión en voladizo. La microdureza se midió en la sección transversal de los instrumentos con 300 g de carga y 15 segundos en tiempo de reposo. Los datos fueron analizados estadísticamente. Como resultado se obtuvo que el sistema ProTaper Gold tuvo una resistencia significativamente mayor a la fatiga cíclica y la flexibilidad que la ProTaper Universal. Por otro lado, las limas del sistema ProTaper

Universal revelaron una asociación mayor a la resistencia a la torsión y mayor microdureza.[14]

Chang y cols. (2016), realizaron un estudio comparando la resistencia a la fatiga cíclica, la resistencia a la torsión y las características metalúrgicas de las limas convencionales de alambre NiTi (V Taper™ 2, V2) y CM (V Taper™ 2H, V2H). La fatiga cíclica y la resistencia a la torsión de V2 y VH2 se investigaron midiendo el número de ciclos de fractura y el ángulo máximo en la fractura. Los patrones típicos de fatiga y fractura torsionales se investigaron mediante calorimetría de barrido diferencial de -100°C a 100°C. También se midió la temperatura de acabado austenita de cada instrumento. Las microestructuras de los instrumentos fueron investigadas por un microscopio electrónico de transmisión junto con un análisis de patrón de difracción de área seleccionada. En los resultados, V-Taper 2H mostró una resistencia a la fatiga cíclica y torsión significativamente mayor a V-Taper. En conclusión, el sistema V-Taper 2H mostró mayor resistencia a la fatiga cíclica y la torsión que la V-Taper. Las propiedades superiores de V-Taper 2H podrían atribuirse al efecto de recocido y posiblemente a la fase de martensita.[25]

Uslu y cols. (2018), examinaron las topografías superficiales de las limas HyFlex™ CM y HyFlex™ EDM de níquel-titanio y compararon las alteraciones en las topografías superficiales de estos sistemas después de la preparación de los conducto con curvaturas de molares. En este estudio se incluyeron 8 limas HyFlex CM (25/.08) y 8 HyFlex EDM (25/.08). En total se instrumentaron 64 conductos de molares con curvaturas severas, los ángulos oscilaron entre 50° y 70°. Los análisis se realizaron mediante el uso de una perfilometría óptica tridimensional antes y después de la preparación del conducto radicular. Como resultado, el sistema HyFlex CM mostró alteraciones superficiales significativamente mayores en comparación con el sistema

HyFlex EDM después de la preparación de conductos radiculares con curvatura severas.[36]

Pirani y cols. (2016), evaluaron las alteraciones superficiales y microestructurales del sistema HyFlex™ EDM y probaron su resistencia a la fatiga. Para elaborar el estudio se utilizaron quince prototipos HyFlex EDM para instrumentación in vitro de conductos radiculares severamente curvos. Las características superficiales y microestructurales de los instrumentos nuevos y usados se compararon mediante ESEM equipo con espectrofotometría de rayos X dispersiva de energía e imagen metalográfica óptica. Se evaluó la degradación inducida por el uso. Treinta prototipos adicionales de HyFlex EDM y 20 HyFlex™ CM fueron sometidos a pruebas de fatiga cíclica. El tiempo hasta la fractura se registró y los resultados se validaron con la prueba de Kruskal-Wallis. Los instrumentos fatigados fueron analizados por ESEM para la evaluación fractográfica. Como conclusión, llegaron a que la superficie de mecanizado por descarga eléctrica es la principal característica de la HyFlex EDM. Se observó baja degradación después de multiples instrumentaciones de conductos. Los instrumentos HyFlex EDM mostraron valores sorprendentemente altos de resistencia a la fatiga cíclica y un uso seguro in vitro en conductos con curvaturas severas.[37]

Uygun y cols. (2016), elaboraron un estudio con el objetivo de comparar la resistencia a la fatiga cíclica de ProTaper Gold, ProTaper Next y ProTaper Universal a diferentes niveles, para la realización del estudio se utilizaron un total de 72 limas para evaluar la fatiga cíclica de ProTaper Universal (F2), ProTaper Next (X2) y ProTaper Gold (F2), los conductos tenían una curvatura de 60°. Se registró el tiempo de fractura. Se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la normalidad de la distribución de muestras, y el análisis estadístico se realizó utilizando la muestra independiente. Las limas ProTaper Gold mostraron mayor resistencia a la fatiga cíclica, y las limas ProTaper Next mostraron mayor resistencia a la fatiga cíclica que las ProTaper Universal.

Llegando a la conclusión que el sistema ProTaper Gold fue más resistente a 5 y a 8 mm del ápice. Las limas ProTaper Universal tuvieron la menor resistencia a la fatiga cíclica.[38]

Conclusiones

Cada sistema rotatorio de acuerdo a sus características de diseño, aleación y proceso con el que están elaboradas presentan ventajas y desventajas frente a otros sistemas rotatorios. Las aleaciones de NiTi tratadas de forma termomécanica son más flexibles con una mejor resistencia a la fatiga cíclica, esto debido a la cantidad de la fase martensita que contienen (CM-Wire, tratamientos térmicos Gold); no obstante, estos sistemas por el hecho de pertenecer a la fase martensítica obtienen propiedades como memoria de forma cuando se calientan, por lo tanto, el uso de la aleación martensita da como resultado instrumentos más flexibles con una mayor resistencia a la fatiga cíclica en comparación con la aleación austenita.

De acuerdo a los artículos revisados, se puede decir que los cuatro sistemas rotatorios evaluados, tanto rotación continua como reciprocante realizan una buena conformación de los conductos radiculares de forma rápida, también se sabe que la fatiga cíclica es más probable en los conductos con curvaturas complejas, por lo mismo se recomienda trabajar esta clases de anatomías con limas con fase martensítica. Los instrumentos austeníticos son los más prácticos para trabajar en la conformación de conductos rectos o con ligera curvatura.

Las limas con aleación termomécanica *Gold* mostraron mayor flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica en comparación con los instrumentos convencionales de NiTi y M-Wire; las limas con aleación CM-Wire mostraron mayor flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica que las aleaciones M-Wire y NiTi convencionales; EDM tienen mayor resistencia a la fatiga cíclica en comparación con los sistemas HyFlex CM, M-Wire y NiTi convencionales. De los cuatro sistemas evaluados las limas HyFlex EDM tienen mayor resistencia a la fatiga cíclica y ProTaper Gold es la que crea la preparación más centrada en el conducto. Es importante subrayar que el uso y elección de cada sistema rotatorio dependerá del criterio de cada clínico.

Referencias bibliográficas

1. García Aranda RL, Briseño Marroquin B. Endodoncia I. Fundamentos y Clínica. 1a ed. México: LIBRUNAM; 2016. 317 p.
2. Hargreaves KM, Berman LH. Cohen. Vías de la Pulpa. 11a ed. Vol. 11 Edición. Elsevier Inc; 2016. 920 p.
3. Canalda C, Brau E. Endodoncia. Técnicas clínicas y bases Cientificas. 3a ed. Elsevier, Masson, editores. Barcelona, España: Elsevier Inc; 2014. 382 p.
4. Lopreite GH, Basilaki JM. Endodoncia. Criterios Técnicos y Terapéuticos. 1a ed. Buenos Aires, Argentina: Grupo Guía S.A; 2016. 416 p.
5. roane.gif (510×349) [Internet]. [citado el 29 de marzo de 2019]. Disponible en: http://www.iztacala.unam.mx/rrivas/imagenes/limpieza/roane.gif
6. Zupanc J, Vahdat-Pajouh N, Schäfer E. New thermomechanically treated NiTi alloys - a review. Int Endod J [Internet]. octubre de 2018;51(10):1088–103. Disponible en: http://doi.wiley.com/10.1111/iej.12924
7. Berutti E, Gagliani M. Manual de Endodoncia. 1a ed. Endodoncia SI de, editor. Amolca; 2017. 808 p.
8. De Lima Machado ME. Endodoncia. De la Biología a la Técnica. 1a ed. Colombia: Amolca; 2009. 484 p.
9. Haapasalo M, Shen Y. Evolution of nickel-titanium instruments: from

past to future. Endod Top [Internet]. 2013;29(1):3–17. Disponible en: http://doi.wiley.com/10.1111/etp.12049

10. De Lima Machado ME. Endodoncia. Ciencia y Técnologia. Tomo 1. 1a ed. Amolca; 2016. 360 p.

11. Bergenholtz G, Horsted-Bindslev P, Reit C. Endodoncia. Moderno M, editor. México: Manual Moderno; 2011. 384 p.

12. Chong BS. Harty's. Endodontics In Clinical Practice. Elsevier Inc; 2016. 352 p.

13. Soares IJ, Goldberg F. Endodoncia Técnica y Fundamentos. 2a ed. Medica Panamericana; 2012. 531 p.

14. Elnaghy AM, Elsaka SE. Mechanical properties of ProTaper Gold nickel-titanium rotary instruments. Int Endod J. 2016;49(11):1073–8.

15. Sirona, Dentsplay M. ProTaper Gold® [Internet]. [citado el 8 de diciembre de 2018]. Disponible en: http://www.dentsplyargentina.com.ar/protapergoldfolleto.PDF

16. J. Clifford, Ruddle. The ProTaper Advantage: Shaping The Future of Endodontics [Internet]. 2001 [citado el 31 de marzo de 2019]. Disponible en: www.endoruddle.com

17. concavo transversal. sección tranversal modificada.jpg (200×151) [Internet]. [citado el 31 de marzo de 2019]. Disponible en: http://www.infomed.es/rode/images/stories/PROTAPPER/sección tranversal modificada.jpg

18. Sirona, Dentsplay M. ProTaper Gold ® Tratamiento [Internet]. [citado el 8 de diciembre de 2018]. p. 1–7. Disponible en: http://www.dentsplymaillefer.com/product-category/glide-path-shaping/protaper-gold

19. Aranguren J, Kuttler S. WaveOne Gold Surfea el conducto radicular [Internet]. [citado el 5 de diciembre de 2018]. Disponible en: http://www.dentsply.com.mx/Pdf/Articulo_Wave_One_Gold.pdf

20. Dentsply S. WaveOne Gold® Surfea el conducto con confianza [Internet]. [citado el 9 de diciembre de 2018]. Disponible en: https://www.dentsply.com/content/dam/dentsply/pim/manufacturer/Endodontics/Obturation/Paper_Points/WaveOne_Gold_Absorbent_Points/W1G_Brochure_EN.pdf

21. Ruddle CJ. Shaping Technique S Ingle-File. 2016 [citado el 10 de enero de 2019];(January):1–7. Disponible en: https://www.endoruddle.com/tc2pdfs/201/WaveOneGold_Jan2016.pdf

22. Dentsply S. Sistema WaveOne Gold® [Internet]. Suiza. 2017 [citado el 9 de diciembre de 2018]. p. 3–7. Disponible en: http://www.dentsplymaillefer.com/wp-content/uploads/2017/03/Dentsply_Maillefer_WAVEONE_GOLD_SYSTEM_DFU_0117_WEB_DSE_ES.pdf

23. Coltene®. HyFlex CM & EDM [Internet]. [citado el 10 de diciembre de 2018]. Disponible en: https://www.coltene.com/pim/DOC/BRO/docbro6849-03-18-es-hyflex-cm-edm-a4sesaindv1.pdf

24. COA Internacional, I+D Inteligencia Dental. HYFLEX EDM: Innovación, eficiencia y seguridad - YouTube [Internet]. [citado el 29 de marzo de 2019]. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=YLu6383QXYw

25. Chang SW, Shim KS, Kim YC, Jee KK, Zhu Q, Perinpanayagam H, et al. Cyclic fatigue resistance, torsional resistance, and metallurgical characteristics of V taper 2 and V taper 2H rotary NiTi files. Scanning [Internet]. noviembre de 2016;38(6):564–70. Disponible en:

http://doi.wiley.com/10.1002/sca.21301

26. Shenoi P, Luniya D, Badole G, Makade C, Kubde R, Khode R. Comparative evaluation of shaping ability of V-Taper 2H, ProTaper Next, and HyFlex CM in curved canals using cone-beam computed tomography: An in vitro Study. Indian J Dent Res [Internet]. 2017;28(2):181. Disponible en: http://www.ijdr.in/text.asp?2017/28/2/181/207793

27. V-taper T. V - TA P E R ™ R O TA R Y S Y S T E M : Take your practice to its full [Internet]. [citado el 10 de diciembre de 2018]. Disponible en: http://www.endoexperience.com/filecabinet/Clinical Endodontics/Instruments - Files/Guidance File System/guidance files pdf.pdf

28. White SS. PRODUCT CATALOG A Proud Heritage of Innovation , Collaboration and Achievement [Internet]. [citado el 6 de febrero de 2019]. Disponible en: http://www.sswhitedental.com/media/product-pdf/endoguide/endobrochure.pdf

29. Portal Odontólogos / Vamasa. Sesión On-Line: Instrumentación Endodóntica con el Sistema Rotatorio V-Taper, SSWhite - YouTube [Internet]. [citado el 29 de marzo de 2019]. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=V0rsr9eY6pk

30. Gündoğar M, Özyürek T. Cyclic Fatigue Resistance of OneShape, HyFlex EDM, WaveOne Gold, and Reciproc Blue Nickel-titanium Instruments. J Endod. 2017;43(7):1192–6.

31. Özyürek T, Yılmaz K, Uslu G. Shaping Ability of Reciproc, WaveOne GOLD, and HyFlex EDM Single-file Systems in Simulated S-shaped Canals. J Endod [Internet]. mayo de 2017;43(5):805–9. Disponible en: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0099239916310561

32. Gu Y, Kum K-Y, Perinpanayagam H, Kim C, Kum DJ, Lim S-M, et al. Various heat-treated nickel–titanium rotary instruments evaluated in S-shaped simulated resin canals. J Dent Sci [Internet]. marzo de 2017;12(1):14–20. Disponible en: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1991790216300289

33. Uslu G, Özyürek T, Yılmaz K, Plotino G. Effect of Dynamic Immersion in Sodium Hypochlorite and EDTA Solutions on Cyclic Fatigue Resistance of WaveOne and WaveOne Gold Reciprocating Nickel-titanium Files. J Endod. 2018;44(5):834–7.

34. Gagliardi J, Versiani MA, De Sousa-Neto MD, Plazas-Garzon A, Basrani B. Evaluation of the shaping characteristics of ProTaper Gold, ProTaper NEXT, and ProTaper Universal in curved canals. J Endod. 2015;41(10):1718–24.

35. Hieawy A, Haapasalo M, Zhou H, Wang ZJ, Shen Y. Phase Transformation Behavior and Resistance to Bending and Cyclic Fatigue of ProTaper Gold and ProTaper Universal Instruments. J Endod [Internet]. 2015;41(7):1134–8. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2015.02.030

36. Uslu G, Özyürek T, Yılmaz K. Comparison of Alterations in the Surface Topographies of HyFlex CM and HyFlex EDM Nickel-titanium Files after Root Canal Preparation: A Three-dimensional Optical Profilometry Study. J Endod. 2018;44(1):115–9.

37. Pirani C, Iacono F, Generali L, Sassatelli P, Nucci C, Lusvarghi L, et al. HyFlex EDM: Superficial features, metallurgical analysis and fatigue resistance of innovative electro discharge machined NiTi rotary instruments. Int Endod J. 2016;49(5):483–93.

38. Uygun AD, Kol E, Topcu MKC, Seckin F, Ersoy I, Tanriver M. Variations in cyclic fatigue resistance among ProTaper Gold, ProTaper Next and

ProTaper Universal instruments at different levels. Int Endod J. 2016;49(5):494–9.