

## Instrumentación de conductos radiculares (parte 2). Elementos estructurales de los instrumentos rotatorios, sus funciones y características

### *Root canal instrumentation (part 2). Structural elements in rotary instruments: its functions and characteristics*

Francisco Balandrano Pinal, Rodolfo Hilú\*

Cátedra de Endodoncia de la Escuela de Odontología, Universidad Maimónides, Buenos Aires

Presentado: 21 de junio de 2011

Aceptado: 4 de octubre de 2011

#### Resumen

Actualmente existen numerosos sistemas rotatorios que utilizan instrumentos fabricados con una aleación de níquel titanio con características específicas en cuanto al número de instrumentos, secuencia de utilización y diferentes diseños de los elementos estructurales, como son: el ángulo de corte, las ranuras, las superficies, el ángulo helicoidal, etc. Por ende tendrán un comportamiento diferente en su accionar dentro del conducto radicular.

Si bien el instrumento endodóntico ideal no existe aún, las modificaciones en los diferentes elementos estructurales de los instrumentos rotatorios representan un gran avance tecnológico. Por lo tanto, es importante que el endodoncista tenga presente este conocimiento al momento de elegir qué sistema rotatorio utilizará en su práctica clínica, pues las mejoras en el diseño de algún elemento estructural pueden tener como consecuencia una disminución en la capacidad de otra.

Este informe describe los elementos estructurales de los instrumentos rotatorios endodónticos, considerando sus principales funciones y las características que los diferencian entre sí.

**Palabras clave.** Endodoncia, instrumentación rotatoria, níquel-titanio, diseño de instrumento.

#### Abstract

Currently there are many systems that use rotary instruments made of nickel titanium alloy with specific characteristics regarding to the number of instruments that are included, sequence for their use and design. They have structural elements such as: cutting angle, flutes, surfaces, helical angle, etc. Consequently, the rotary instruments will behave differently in their actions within the root canal.

The ideal endodontic instrument does not yet exist, but changes in their structural elements constitute a

\*Correspondencia:  
Rodolfo Hilú  
Av. Pueyrredón 709, 3º F  
C1032ABT Buenos Aires  
rehilu@intramed.net

technological improvement. Therefore it is important for the endodontist to take into consideration this information when choosing which system will be employed in his/her clinical practice because improvements in one direction can be a drawback in some other one. This report describes the structural elements of endodontic rotary instruments considering their main functions and characteristics that differentiate them.

**Keywords.** Endodontics, rotary instrumentation, nickel-titanium, instrument design.

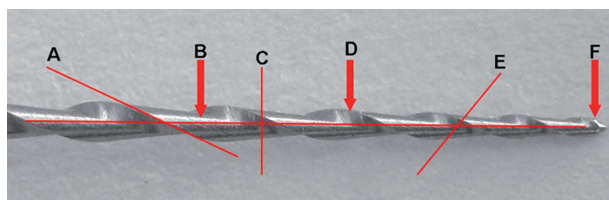
## Introducción

El objetivo más importante de la terapéutica endodóntica es la eliminación del tejido pulpar y de los microorganismos presentes dentro de los conductos radiculares mediante los procedimientos de instrumentación e irrigación<sup>1-5</sup>. La instrumentación del conducto radicular debe proporcionar una convergencia gradual y progresiva hacia el ápice siguiendo la curvatura de la raíz y formar un tope apical procurando mantener el foramen apical en su posición espacial original<sup>6</sup>. Estos procedimientos facilitan las maniobras de limpieza, irrigación y obturación.

En los últimos años las limas rotatorias de níquel titanio han adquirido una gran popularidad principalmente debido al comportamiento elástico de su aleación que las hace más flexibles que las limas de acero inoxidable<sup>7-8</sup> preservando mejor la anatomía del conducto radicular y provocando menos aberraciones como son los zips, escalones, transportación del foramen apical o perforaciones<sup>9-11</sup>. Evitar que estos accidentes se produzcan constituye un objetivo que aumentará las posibilidades de éxito del tratamiento endodóntico.

Se ha sugerido que para cumplir con las funciones de conformación y eliminación del contenido del conducto radicular, las limas rotatorias de níquel titanio deben poseer cierta resistencia a la torsión y una gran flexibilidad<sup>12</sup>. Al estar fabricadas con el mismo material, las características de resistencia a la torsión y flexibilidad dependen exclusivamente del diseño de las limas<sup>12-14</sup>.

Todos los sistemas rotatorios que utilizan instrumentos fabricados con una aleación de níquel titanio presentan diferencias en el diseño de sus elementos



**Figura 1.** Lima Mtwo 40/04. A) ángulo helicoidal. B) ranura. C) ángulo de barrido. D) superficie de contacto. E) ángulo de corte. F) ángulo de transición.

estructurales, como el ángulo de corte, las ranuras, las superficies, el ángulo helicoidal, etc. Debido a esto es indudable que tendrán un comportamiento diferente en su accionar dentro del conducto radicular.

En un estudio anterior se describieron las principales características y conceptos de los sistemas de instrumentación, sus ventajas y desventajas de acuerdo con una serie de parámetros que todo clínico debería conocer<sup>15</sup>.

El objetivo de este informe es describir los elementos estructurales de los instrumentos rotatorios endodónticos, sus principales funciones y sus características.

## Desarrollo

Uno de los mayores desafíos que plantea la endodoncia contemporánea es la instrumentación de los conductos radiculares para lograr una total limpieza realizando una mínima modificación de su anatomía original<sup>16</sup>.

La preparación mecánica del conducto radicular con instrumentos rotatorios de níquel titanio es actualmente una técnica ampliamente aceptada en endodoncia; sin embargo, siempre hay que considerar que la instrumentación manual puede prescindir de la instrumentación mecanizada, pero ésta invariablemente no puede prescindir de la primera.

La aparición de los sistemas rotatorios ha creado nuevos diseños de instrumentos endodónticos que presentan diferencias entre sí y esta es una consideración importante a tener en cuenta ya que algunos aspectos de los instrumentos afectan el modo en que cortan y en consecuencia tienen un comportamiento diferente dentro del conducto radicular<sup>17-18</sup>. Por lo tanto es necesario para el profesional conocer conceptos como el diámetro, la conicidad (*taper*), la sección de la lima (*cross section*), el ángulo de barrido (*rake angle*), el ángulo de corte (*effective rake angle*), el ángulo helicoidal (*helical angle*), el plano radial (*radial land*), el diseño de la punta (*design tip*), el ángulo de transición (*transition angle*), el paso de rosca (*pitch*), etc. para decidir, de acuerdo a esas características, cuál se adecúa a las necesidades clínicas<sup>15</sup>.

## Elementos estructurales de los instrumentos rotatorios

### 1. Conicidad

La conicidad de un instrumento endodóntico es el incremento del diámetro a lo largo de su parte activa<sup>19</sup>. Se expresa en el aumento de diámetro por milímetro, por ejemplo, una lima #25 de conicidad .02 tendrá un diámetro de 0.27 en D2, de 0.29 en D3 y así sucesivamente.

Muchos de los instrumentos rotatorios de níquel titanio han incrementado la conicidad usual del 2%, creando la doble conicidad o conicidad del 4% (0.4) y la triple conicidad del 6% (0.6).

Algunos sistemas proporcionan limas con conicidades de 8% (0.08), 10% (0.10) y 12% (0.12) para utilizar

en el tercio cervical del conducto radicular y facilitar la utilización de las limas subsecuentes.

Este tipo de limas deben ser utilizadas cuidadosamente y con una previa valoración de las dimensiones de la raíz y de las estructuras anatómicas que afectan su grosor y resistencia como el “surco furcal”<sup>20</sup>. Un ensanchamiento excesivo en esa zona las debilita, pudiendo provocar o desencadenar en un futuro fisuras o fracturas radiculares<sup>21</sup>.

El aumento de la conicidad de los instrumentos produce preparaciones más divergentes en la entrada de los conductos radiculares, en consecuencia mejora la calidad de las maniobras clínicas al proporcionar un acceso más directo que facilita la acción de los instrumentos en la porción apical. Además permite un mayor flujo de la solución irrigadora a lo largo del conducto radicular<sup>22-23</sup> y optimiza las maniobras de obturación radicular<sup>24</sup>. Sin embargo, las preparaciones con mayor conicidad incrementan la superficie de contacto del instrumento con las paredes del conducto radicular y es necesario aumentar la velocidad y/o el torque<sup>25</sup>. Hay que considerar que una mayor velocidad de rotación puede incrementar el riesgo de fractura del instrumento por fatiga cíclica debido al aumento del número de rotaciones por segundo<sup>26</sup>, mientras que el empleo de un torque mayor disminuye el control de la fuerza de rotación ejercida por el instrumento sobre las paredes dentinarias, facilitando que se trabe y aumente el riesgo de una fractura por torsión. Un valor de torque menor reduce la fatiga cíclica de los instrumentos rotatorios<sup>27</sup>.

Existen dos tipos de conicidades en el diseño de las limas endodónticas: las de conicidad constante como el sistema K3 (SybronEndo, California, Estados Unidos), Mtwo (VDW, Múnich, Alemania), etc., y las de conicidad variable como el sistema ProTaper Universal (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza). Estas últimas presentan múltiples conicidades dentro de la misma lima con la finalidad de reducir las áreas de contacto con la dentina<sup>28</sup> y por lo tanto reducir la carga torsional sobre el instrumento, lo que en teoría disminuiría el valor de torque necesario. Sin embargo, se ha informado que los valores de torque necesarios para operar con las limas ProTaper no son tan bajos<sup>29</sup> e incluso exceden los valores de torque necesarios para operar con otros sistemas de conicidad constante, por lo que es necesario efectuar más estudios para confirmar o desechar esta hipótesis.

Los instrumentos de conicidad constante tienden a producir el efecto de tornillo al trabajar dentro del conducto radicular<sup>30</sup>, pero esto se compensa funcionalmente mediante un *pitch*<sup>31</sup> y un ángulo helicoidal variables<sup>19</sup>, por lo tanto la conicidad variable no sería un factor determinante para disminuir el efecto de atornillamiento.

## 2. Ranuras

La ranura es una hendidura o estría en la superficie de trabajo del instrumento endodóntico (fig. 1). Es útil para juntar y expulsar el material removido de las paredes del conducto radicular<sup>32</sup>. La efectividad de su función depende de la longitud, profundidad y el acabado de la superficie<sup>19</sup>, la orientación y la cantidad de ranuras<sup>33</sup>.

Una menor longitud de la ranura incrementa la dureza torsional y produce una disminución en la flexibilidad del instrumento<sup>12</sup>; además disminuye la cantidad de tejido que puede expulsar hacia la zona coronaria. Este material podría quedar comprimido en las ranuras y provocar una deformación plástica del instrumento<sup>34</sup> e incluso su fractura debido a un aumento la tensión contra las paredes dentinarias<sup>24</sup>.

La profundidad de las ranuras es importante ya que determina el diámetro del núcleo central: cuando más profunda es la ranura más delgado es el núcleo y por lo tanto el instrumento es más flexible pero menos resistente a la torsión. Las ranuras profundas tienen más capacidad para transportar virutas de dentina hacia la zona cervical. Sin embargo, si el instrumento presenta superficies radiales gruesas, las ranuras se adelgazan disminuyendo la capacidad de transporte.

El adelgazamiento de las ranuras es importante durante el protocolo de limpieza de los instrumentos luego de los procedimientos de instrumentación ya que las ranuras estrechas son más difíciles de limpiar que las ranuras amplias<sup>35</sup>.

Los instrumentos sometidos al efecto del electropulido presentan la superficie de las ranuras muy alisada, lo que facilitaría el transporte del material removido por la instrumentación. Algunos instrumentos presentan rugosidades y grietas en la superficie de las ranuras debido a su proceso de fabricación; esto complica el traslado del material removido hacia la zona cervical y también la limpieza ulterior del instrumento.

Durante la instrumentación las virutas de dentina pueden alojarse en las ranuras y actuar como cuñas que podrían producir zonas de tensión y eventualmente conducir a la fractura del instrumento<sup>36</sup>.

En los instrumentos rotatorios la orientación de las ranuras debe ser más vertical que en los instrumentos manuales. Esto trae como consecuencia la disminución en la cantidad de ranuras, el alargamiento de las mismas y la ampliación del ángulo helicoidal, lo que



**Figura 2.** A) Lima Niti TEE #30/04, observar un ángulo helicoidal y un *pitch* constante. B) Lima Mtwo 30/05, observar un ángulo helicoidal y un *pitch* variable.

favorece el corte rotatorio y disminuye la resistencia a la flexión<sup>12</sup>.

### 3. Núcleo central

Constituye la parte central del instrumento, el diámetro de la parte activa se establece mediante la profundidad de las ranuras, lo que determina parcialmente la flexibilidad y resistencia a la torsión de la lima<sup>19</sup>.

Un núcleo central de diámetro pequeño proporciona mayor flexibilidad, disminuyendo la posibilidad de causar cambios indeseables en la forma de los conductos radiculares curvos. Mientras que los instrumentos con núcleo central grueso tienen disminuida su flexibilidad, lo que favorece la posibilidad de crear aberraciones durante el proceso de instrumentación<sup>33</sup>. La aplicación de la misma carga cuando el núcleo central tiene un diámetro pequeño recibe más tensión que cuando es más grueso, por lo tanto los instrumentos pueden sufrir una deformación plástica<sup>37</sup>. Sin embargo, los instrumentos con núcleo central pequeño son más resistentes a la fractura cíclica que los instrumentos con núcleo central grueso<sup>38-39</sup>. La deformación plástica puede significar una ventaja clínica ya que denota que existe una carga residual en el instrumento que debe ser desechado de inmediato.

### 4. Paso de rosca (*pitch*)

Es la distancia entre un punto del borde cortante y el punto del borde cortante adyacente. El paso de rosca puede ser constante cuando la distancia entre los bordes cortantes sea la misma a lo largo de la parte activa del instrumento, o variable, donde esta distancia es diferente (fig. 2).

Las limas con un *pitch* variable a lo largo de toda su longitud de trabajo producen una reducción en el efecto de atornillamiento dentro del conducto radicular. Esta característica es importante en las limas rotatorias de gran conicidad.

A mayor longitud del *pitch* aumenta la superficie de flexión y por lo tanto se distribuye mejor el momento flector, disminuyendo la posibilidad de fractura; también disminuye el efecto de atornillado, la carga torsional del instrumento<sup>24,31</sup> y los requerimientos necesarios de torque<sup>33</sup>.

### 5. Superficie de contacto (*cutting edge*)

El borde cortante es la parte más externa de la superficie activa del instrumento. Especialmente en cortes perpendiculares se puede apreciar que tiene diferentes diseños presentando hojas triangulares, superficies radiales o superficies recesivas (ver fig. 1).

Se conoce como “superficie radial” o “grosor marginal” a la superficie que se proyecta desde el eje central hasta el borde cortante de la lima<sup>19</sup> y es la parte plana que se encuentra directamente detrás del borde cortante de la lima<sup>32</sup>. Las superficies radiales fueron incorporadas a los instrumentos rotatorios de níquel titanio

con la finalidad de mantener centralizado el instrumento en el interior del conducto radicular y para minimizar el efecto de “atornillamiento”<sup>40</sup>. Ha sido comprobado que una de las mejores maneras de disminuir este efecto indeseable, incluso en los instrumentos que presentan superficies radiales, es incluir en su diseño un *pitch* y un ángulo helicoidal variables. Actualmente son objeto de controversia pues sus propiedades implican beneficios y desventajas, entre estas últimas la principal es que aumentan la masa del instrumento, lo que disminuye su flexibilidad<sup>41</sup> desaprovechando en parte las ventajas que proporciona la aleación de níquel titanio. Las superficies radiales disminuyen la eficiencia de corte e incrementan la fricción contra las paredes del conducto radicular aumentando el riesgo de fractura por torsión<sup>24</sup>. Este mayor contacto también puede ocasionar que la superficie radial del instrumento empaquete restos de detritus y limallas dentinarias en el interior de los túbulos dentinarios<sup>42</sup>.

Las superficies recesivas son áreas que siguen al filo cortante y que se retraen gradualmente desde la mayor circunferencia exterior hacia el centro de la lima<sup>19</sup>, resultando en áreas de corte reducidas que proporcionan soporte al borde cortante del instrumento sin aumentar la masa: esto mejora la flexibilidad del instrumento y su capacidad de conservar la centricidad al preparar el conducto radicular.

### 6. Punta

La punta de un instrumento ayuda a mantenerlo centrado dentro del conducto radicular<sup>43</sup>. Existen tres tipos de puntas: las cortantes, las no cortantes y las parcialmente cortantes<sup>32</sup>. La mayoría de los instrumentos rotatorios poseen punta no cortante, bicónica y redondeada, lo que favorece su deslizamiento en el conducto radicular en presencia de curvaturas. Existen instrumentos rotatorios con puntas cortantes como el Quantec SC (Tycom, Irvine, California, Estados Unidos), aunque se ha demostrado que tienden a aumentar la incidencia de errores de procedimiento como perforaciones, zips y escalones<sup>44-46</sup>.

La longitud de la punta es variable según el sistema<sup>40</sup>; por ejemplo, en el sistema Profile (Dentsply, Ballaigues, Suiza) el ángulo de transición se sitúa lejos de la punta mientras que el sistema ProTaper Universal (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza) tiene el ángulo de transición muy cerca de la misma (fig. 3). Debido a que esta variación afecta considerablemente el grosor del instrumento en el primer milímetro y el sitio donde empieza a cortar, es necesario efectuar estudios que evalúen el efecto que tiene esta diferencia de grosor y longitud en el comportamiento del instrumento dentro del conducto radicular.

### 7. Ángulo de transición

Es el punto donde se reúnen las superficies cortantes con la punta del instrumento (ver fig. 1). Esta transi-

ción debería ser suave y libre de crestas. Estas últimas, al unirse con los bordes cortantes, pueden formar puntos afilados que facilitan el corte hacia la parte externa de una curvatura permitiendo que la lima produzca transportaciones y/o escalones<sup>47</sup>. Cuando los instrumentos presentan puntas bicónicas el cono secundario facilita la eliminación de crestas a nivel del ángulo de transición proporcionando una superficie lisa que guía a la punta a través de la curvatura del conducto radicular<sup>47</sup>.

### 8. Ángulo transversal

Es un ángulo perpendicular al eje axial del instrumento (ver fig. 1) que proporciona información sobre la profundidad de las ranuras, forma de las superficies cortantes y el tamaño del núcleo<sup>19</sup>. El ángulo transversal de un instrumento puede ser triangular, cuadrangular, romboidal o en forma de "S". También hay ángulos transversales principalmente redondos con un apéndice como las limas tipo H o con dos apéndices configurando una "S" deformada como algunas de las limas del sistema Niti-TEE (Sjöding Sendoline, Kista, Suecia).

Existe una correlación entre la flexibilidad del instrumento y el ángulo transversal, pues a menor masa del ángulo transversal el instrumento será más flexible y por lo tanto reduciría el riesgo de transportación al instrumentar conductos curvos<sup>33, 41</sup>. La forma del ángulo transversal influye mucho en el momento flector y torsor del instrumento y por ende en el comportamiento ante conductos radiculares curvos y en los valores de torque necesarios<sup>33, 48-49</sup>.

### 9. Ángulo de corte

Es el ángulo formado cuando la lima se secciona perpendicularmente al borde cortante (ver fig. 1). Indica la calidad de corte de la lima que puede ser positivo o negativo. Esto es importante porque los ángulos negativos tienen una acción de raspado sobre las paredes del conducto radicular proporcionando una sensación táctil de alisado, mientras que los ángulos de corte positivos son más eficientes y necesitan menor fuerza para cortar<sup>19</sup>. Sin embargo, los ángulos de corte no deberían ser muy positivos para evitar que las hojas se atoren en las paredes del conducto radicular aumentando la posibilidad de una fractura por torsión.

### 10. Ángulo helicoidal

Es el ángulo formado por el filo cortante del instrumento con el eje axial del mismo (ver fig. 1), puede ser variable o constante (ver fig. 2), en muchas ocasiones define la capacidad de corte y su incremento mejora sus propiedades de dureza torsional y su flexibilidad<sup>19, 12</sup>.

El ángulo helicoidal variable disminuye el efecto de atornillamiento, mejora el control y la capacidad de corte, mientras que el ángulo helicoidal constante

umentará el efecto de atornillamiento dentro del conducto radicular con la consiguiente pérdida de control y el aumento de la probabilidad de fractura, con el riesgo de crear una perforación apical.

El ángulo helicoidal constante es deseable en las limas permeabilizadoras o tipo "path" como la 10/04 de Mtwo, las Pathfile de ProTaper y un sistema "permeabilizador" llamado Scout RaCe formado por limas la 10/02, 15/02 y 20/02 de RaCe (FKG, Suiza) ya que la lima se deslizará en las paredes del conducto radicular facilitando un avance constante; pero este movimiento debe ser cuidadosamente controlado y ejecutado por el operador para evitar una perforación apical o una fractura del instrumento debido al efecto de atornillamiento de la lima en las paredes del conducto radicular.

### Discusión

El objetivo principal del tratamiento endodóntico es devolver o conservar el estado de salud y normalidad a los tejidos periapicales. La preparación quirúrgica, a través de los procedimientos de instrumentación e irrigación, es el acto necesario para lograr la limpieza y la conformación del sistema de conductos radiculares. Es primordial alcanzar estos objetivos que, aunque persigan metas diferentes, se complementan y se ejecutan de manera simultánea con los mismos instrumentos y soluciones irrigantes. A tal fin es necesario que los instrumentos endodónticos cumplan ri-



**Figura 3.** La lima ProFile 40/04. A) tiene la punta más larga y delgada que la ProTaper F4 (B).

gurosamente las normas que permitan alcanzar estos propósitos.

Los cambios en las aleaciones empleadas en la fabricación de los instrumentos rotatorios y los nuevos diseños han mejorado y posibilitado un importante avance tecnológico; sin embargo, muchas veces el énfasis comercial en generar expectativas clínicas simplistas para realizar los tratamientos endodónticos lleva a ofrecer sistemas rotatorios con una reducción en el número de instrumentos que limitan la preparación apical a tamaños pequeños, que muchas veces no cumplen con los principios biológicos del tratamiento endodóntico. En muchas ocasiones, las opciones ofrecidas no siempre son acompañadas por el aval de la investigación que respalde sus ventajas.

El aumento de la conicidad de los instrumentos en varios sistemas ha mejorado no sólo los procedimientos sino también la percepción radiográfica de la conformación; esto puede representar un problema ya que una conformación aceptable radiográficamente no significa que se haya cumplido con los requisitos de limpieza adecuados.

El tamaño de la instrumentación apical es importante. Hay quienes recomiendan instrumentar a calibres pequeños como el obtenido con una lima #20 o #25<sup>50-51</sup>, que pueden ser incluso menores al diámetro apical inicial<sup>52</sup> dejando el trabajo de eliminación de residuos orgánicos enteramente a merced de las propiedades químicas del hipoclorito de sodio. Numerosos estudios que han comparado la instrumentación a diferentes calibres utilizando hipoclorito de sodio como solución irrigante han demostrado que la limpieza de la porción apical del conducto radicular es mucho más efectiva cuando se instrumenta a calibres mayores<sup>53-57</sup>.

La presencia de istmos, conductos laterales, deltas apicales y otras irregularidades que conforman al sistema de conductos radiculares dificultan la limpieza de los procedimientos de instrumentación. La irrigación durante la fase de instrumentación no resulta del todo suficiente para obtener conductos radiculares totalmente limpios y libres de bacterias<sup>58</sup>.

El empleo de una lima manual de control previo a cada cambio de calibre en la secuencia de la instrumentación mecanizada, posibilita verificar la longitud de trabajo y también facilita la eliminación del barro dentinario al permitir que la lima mecanizada alcance sin presión alguna la longitud de trabajo<sup>59</sup>.

La incorporación de la aleación de níquel-titanio en la fabricación de los instrumentos endodónticos rotatorios ha generado la aparición de nuevos y diferentes diseños, que en mayor o menor medida representan un problema para el clínico a la hora de elegir algún sistema mecanizado. De este modo el conocimiento de los elementos estructurales de los instrumentos rotatorios, sus funciones y sus características no debe ser obviado a la hora de elegir algún sistema rotatorio en

particular que se adapte a las necesidades clínicas del momento.

La decisión de trabajar con determinado o determinados sistemas debe tomarse mediante un serio y concienzudo análisis de las ventajas y desventajas que representa un diseño en particular, teniendo en cuenta que las mejoras en el diseño de algún elemento estructural pueden tener como consecuencia una disminución en la capacidad de otra; por ejemplo, un instrumento con un núcleo central grueso es más resistente a las fuerzas de torsión, sin embargo esta característica disminuirá considerablemente su flexibilidad y por lo tanto su capacidad para conservar la centricidad en el interior del conducto radicular. Por esto es necesario un equilibrio entre todos los elementos estructurales de un instrumento endodóntico rotatorio, lo que hace que los sistemas actuales tengan cualidades y defectos. Sin embargo existen sistemas que debido a su diseño pueden ser mucho más eficientes que otros.

Otro aspecto importante es la destreza que el operador pueda adquirir con algún o algunos sistemas en especial. Un sistema puede ser una herramienta magnífica en manos de un operador y completamente inoperante en manos de otro.

Uno de los aspectos que continuamente está evolucionando en la investigación endodóntica es el desarrollo de nuevos diseños de instrumentos rotatorios o en la cinemática de trabajo de los mismos para facilitar su uso dentro del conducto radicular<sup>60-62</sup>. Es por esto que el estudio y actualización permanente en la evolución de todos los aspectos de la endodoncia es obligatoria para el profesional.

## Conclusiones

El interés permanente en mejorar la preparación quirúrgica de los conductos radiculares influyó en la evolución hacia la mecanización, aunque existen todavía aspectos que deberán ser revisados.

En la actualidad existen numerosos sistemas rotatorios con características específicas en cuanto al número de instrumentos, secuencia utilizada y diferentes diseños de elementos estructurales.

La correcta conformación de los conductos radiculares es prioritaria; sin embargo, la limpieza de los mismos tiene mucho más importancia. El instrumento endodóntico que permita estos objetivos no existe aún, pero las modificaciones en los diferentes elementos estructurales de los instrumentos rotatorios representan un gran avance. Es importante que el operador tenga el conocimiento de la existencia de estos elementos estructurales, así como las características y funciones al momento de elegir qué sistema utilizará en su práctica clínica. Además es necesario realizar un adiestramiento *in vitro* pues su utilización en pacientes requiere de práctica y concentración en el manejo de los mismos.

## Referencias

1. Byström A, Sundqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J* 1985;18:35-40.
2. Dalton B, Ørstavik D, Phillips C, Pettiette M, Trope M. Bacterial reduction with nickel-titanium rotary instrumentation. *J Endod* 1998;24:763-7.
3. Siqueira JF Jr, Rôças IN, Favieri A, Lima KC. Chemo-mechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *J Endod* 2000;26:331-4.
4. Shuping G, Ørstavik D, Sigurdsson A, Trope M. Reduction of intracanal bacteria using nickel-titanium rotary instrumentation and various medications. *J Endod* 2000;26:751-5.
5. Card S, Sigurdsson A, Ørstavik D, Trope M. *The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria.* *J Endod* 2002;28:779-83.
6. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am* 1974;18:269-96.
7. Walia HM, Brantley W, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod* 1988;14:346-51.
8. Canalda-Sahli C, Brau-Aguadé E, Berastegui-Jimeno E. A comparison of bending and torsional properties of K-files manufactured with different metallic alloys. *Int Endod J* 1996;29:185-9.
9. Esposito PT, Cunningham CJ. A comparison of canal preparation with nickel-titanium and stainless steel instruments. *J Endod* 1995;21:173-6.
10. Schäfer E, Lohmann D. Efficiency of rotary nickel-titanium FlexMaster instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 1: shaping ability in simulated curved canals. *Int Endod J* 2002;35:505-13.
11. Schäfer E, Schulz-Bongert U, Tulus G. Comparison of hand stainless steel and nickel titanium rotary instrumentation: a clinical study. *J Endod* 2004;30:432-5.
12. He R, Jun N. Design Improvement and failure reduction of endodontic files through finite element analysis: application to V-taper file designs. *J Endod* 2010;36:1552-57.
13. Berutti E, Chiandussi G, Gaviglio I, Ibba A. Comparative analysis of torsional and bending stresses in two mathematical models of nickel-titanium rotary instruments: ProTaper versus ProFile. *J Endod* 2003;29:15-9.
14. Cámara AS, de Castro Martins R, Viana AC, de Toledo Leonardo B, Buono VT, de Azevedo Bahia MG. Flexibility and torsional strength of ProTaper and ProTaper Universal rotary instruments assessed by mechanical tests. *J Endod* 2009;35:113—6.
15. Hilú R, Balandrano Pinal F. Instrumentación de conductos radiculares. Parte 1: conceptos sobre la instrumentación mecanizada. *Rev Asoc Odont Arg* 2011;99:141-45.
16. Wu M, Wesselink P. A primary observation on the preparation and obturation of oval Canals. *Int Endod J* 2001;34:485-91.
17. Hilú R, Balandrano Pinal F, Pérez A, Coaguila Llerena H. Evaluación de la conformación apical de los conductos radiculares con los sistemas Mtwo y Protaper. *Endodoncia* 2010;28:220-8.
18. Balandrano Pinal F, Hilú R, Pérez A. Evaluación de la conformación de conductos curvos simulados con los sistemas ProTaper, Light Speed Extra y Mtwo. *Endodoncia* 2009;27:175-80.
19. McSpadden J. *Mastering endodontic instrumentation.* Chattanooga, USA: Cloudland Institute, 2007.
20. Lammertyn PA, Rodrigo SB, Brunotto M, Crosa M. Furcation groove of maxillary first premolar, thickness, and dentin structure. *J Endod* 2009;35:814-817.
21. Zandbiglari T, Davids H, Schäfer E. Influence of instrument taper on the resistance to fracture of endodontically treated roots. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;101:126-31.
22. Albrecht L, Baumgartner J, Marshal J. Evaluation of apical debris removal using various sizes and tapers of ProFile GT file. *J Endod* 2004;30:425-42.
23. Brunson M, Heilborn C, Johnson D, Cohenca N. Effect of apical preparation size and preparation taper on irrigant volume delivered by using negative pressure irrigation system. *J Endod* 2010;30:721-4.
24. Koch K, Brave D. Real World Endo Sequence file. *Den Clin N Am* 2004;48:159-82.
25. Sattapan B, Palamara J, Messer H. Torque during canal instrumentation using rotary nickel-titanium files. *J Endod* 2000;26:156-60.
26. Li U, Lee B, Shih Ch, Lan W, Lin Ch. Cyclic fatigue of endodontic nickel titanium rotary instruments: static and dynamic tests. *J Endod* 2002;28:448-51.
27. Gambarini G. Cyclic fatigue of nickel-titanium rotary instruments after clinical use with low and high Torque Endodontic Motors. *J Endod* 2001;27:772-4.
28. Ruddle C. The ProTaper technique: Shaping the future of endodontics. En: Castellucci A (ed.). *Endodontics*, Florence: Il Tridente, 2005, v. 2, p. 548-63.
29. Peters O, Peters I, Schönenberger K, Barbakow F. ProTaper rotary root canal preparation: assessment of torque and force in relation to canal anatomy. *Int Endod J* 2003;36:93-9.
30. Leonardo MR, Leonardo RT. Sistemas rotatorios en endodoncia: instrumentos de níquel titanio. Sao Paulo: Edit. Artes Médicas, 2002, p. 261-273.
31. Diemer F, Calas P. Effect of pitch length on the behavior of rotary triple helix root canal instruments. *J Endod* 2004;30:716-8.
32. Karabucak B, Gatan A, Hsiao Ch, Iqbal M. A Comparison of apical transportation and length control between EndoSequence and Guidance rotary instruments. *J Endod* 2010;36:123-5.

33. Schäfer E, Tepel J. Relationship between design features of endodontic instruments and their properties. Part 3: Resistance to bending and fracture. *J Endod* 2001;27:299-303.
34. Jeon I, Spångberg L, Yoon T, Kazemi RB, Kum K. Smear layer production by 3 rotary reamers with different cutting blade designs in straight root canals: a scanning electron microscopy study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;96:601-7.
35. Parashos P, Linsuwanont P, Messer HH. A cleaning protocol for rotary nickel-titanium endodontic instruments. *Aust Dent J* 2004;49:20-7.
36. Alapati S, Brantley W, Svec T, Powers J, Nusstein J, Glenn S. Proposed role of embedded dentin chips for the clinical failure of nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2004;30:339-41.
37. Kim H, Kim H, Lee C, Kim B, Park J, Versluis A. Mechanical response of nickel-titanium instruments with different cross-sectional designs during shaping of simulated curved canals. *Int Endod J* 2009;42:593-602.
38. Grande N, Plotino G, Pecci R, Bedini R, Malagnino V, Somma F. Cyclic fatigue resistance and three-dimensional analysis of instruments from two nickel-titanium rotary systems. *Int Endod J* 2006;39:755-63.
39. Plotino G, Grande N, Melo M, Bahia M, Testarelli L, Gambarini G. Cyclic fatigue of NiTi rotary instruments in a simulated apical abrupt curvature. *Int Endod J* 2010;43:226-230.
40. Baumann MA. Nickel-titanium: options and challenges. *Dent Clin North Am* 2004;48:55-67.
41. Schäfer E, Dzepina A, Danesh G. Bending properties of rotary nickel titanium instruments. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;96:757-763.
42. Schäfer E, Oitzinger M. Cutting efficiency of five different types of rotary nickel-titanium instruments. *J Endod* 2008;34:198-200.
43. Miserendino LJ, Moser JB, Heuer MA, Osetek EM. Cutting efficiency of endodontic instruments. Part 1: a quantitative comparison of the tip and fluted regions. *J Endod* 1985;11:435-41.
44. Griffiths I, Chassot A, Nascimento M, Bryant S, Dummer P. Canal shapes produced sequentially during instrumentation with Quantec SC rotary nickel-titanium instruments: a study in simulated canals. *Int Endod J* 2001;34:107-112.
45. Griffiths I, Bryant S, Dummer P. Canal shapes produced sequentially during instrumentation with Quantec LX rotary nickel-titanium instruments: a study in simulated canals. *Int Endod J* 2000;33:346-354.
46. Pruskin E, Hilú R. Instrumentación mecanizada: conformación de conductos curvos simulados con los sistemas Quantec, ProFile y la pieza de mano endodóntica M4. *Rev Asoc Odontol Arg* 2002;90:9-14.
47. Ponce de Leon T, Wang N, Roane J. Crown-down tip design and shaping. *J Endod* 2003;29:513-518.
48. Xu X, Eng M, Zheng Y, Eng D. Comparative study of torsional and bending properties for six models of nickel-titanium root canal instruments with different cross-section. *J Endod* 2006;32:372-375.
49. Zhang E, Cheung G, Zheng Y. Influence of cross-sectional design and dimension on mechanical behavior of nickel-titanium instruments under torsion and bending: a numerical analysis. *J Endod* 2010;36:1394-8.
50. Buchanan LS. The standardized-taper root canal preparation. Part 3: GT file technique in large root canals with small apical diameters. *Int Endod J* 2001;34:149-56.
51. Buchanan LS. The standardized-taper root canal preparation. Part 4: GT file technique in large root canals with large apical diameters. *Int Endod J* 2001;34:157-64.
52. Baugh D, Wallace J. The role of apical instrumentation in root canal treatment: a review of the literature. *J Endod* 2005;31:333-340.
53. Siqueira Jr J, Lima K, Magalhaes F, Lopes H, de Uzeda M. Mechanical reduction of the bacterial population in the root canal by three instrumentation techniques. *J Endod* 1999;25:332-335.
54. Rollison S, Barnett F, Stevens R. Efficacy of bacterial removal from instrumented root canals in vitro related to instrumentation technique and size. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 2002;94:366-371.
55. Wu M, Barkis D, Roris A, Wesselink P. Does the first file to bind correspond to the diameter of the canal in the apical region? *Int Endod J* 2002;35:264-7.
56. Card S, Sigurdsson A, Ørstavik D, Trope M. The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. *J Endod* 2002;28:779-83.
57. Usman N, Baumgartner JC, Marshall JG. Influence of instrument size on root canal debridement. *J Endod* 2004;30:110-12.
58. Zmener O. Estado actual del hipoclorito de sodio en endodoncia. 1. Propiedades biológicas. *Rev Asoc Odontol Arg* 2010;98:247-55.
59. Hilú R, Pruskin E. Preparación quirúrgica de conductos curvos con la pieza de mano endodóntica M4. *Rev Asoc Odontol Arg* 1999;87:319-23.
60. Metzger Z, Teperovich E, Zary R, Cohen R, Hof R. The self adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy: a new concept of endodontic files and its implementation. *J Endod* 2010;36:679-690.
61. Paqué F, Barbakow F, Peters O. Root canal preparation with Endo-Eze AET: changes in root canal shape assessed by micro-computed tomography. *Int Endod J* 2005;38:456-64.
62. De-Deus G, Moreira E, Lopes H, Elias C. Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movement. *Int Endod J* 2010;43:1063-68.