

## Comparación de limas K manuales y limas ProFiles 0,06/0,04 en conductos radiculares curvos simulados preparados por estudiantes

Heike Steffen, Dr. Med. Dent.<sup>a</sup>, Angela Löw, Dr. Med. Dent.<sup>a</sup>, Michael Rosin, Prof. Dr. Med. Dent.<sup>b</sup>, y Alexander Welk, Dr. Med. Dent.<sup>c</sup>

**Objetivos:** El objetivo de este estudio fue comparar la técnica stepdown en conductos radiculares curvos simulados empleando limas K manuales (VDW) y limas ProFiles 0,06/0,04 (Dentsply Maillefer).

**Método y materiales:** Estudiantes instruidos prepararon un total de 72 conductos a ciegas: un bloque con limas K y un segundo bloque con limas ProFiles 0,06/0,04 conectadas a un EndoStepper (SET). Se tomaron imágenes postoperatorias de los conductos, y un dentista independiente valoró las preparaciones en cuanto a cantidad y posición del material extraído durante la preparación. La eficacia de los instrumentos se describe en términos de forma del conducto, fallo de instrumentos, bloqueos del conducto, y tiempo de preparación.

**Resultados:** La instrumentación ProFile consiguió preparaciones bien centradas y con buena conicidad manteniendo además en su sitio el foramen apical; en contraste con ello, el empleo de limas K dio lugar a frecuentes alteraciones del conducto radicular. En la porción apical, ambas técnicas mostraron áreas no preparadas. El diámetro coronal en los conductos instru-

mentados de forma manual fue más irregular y ancho que en los preparados de forma mecánica. No hubo ninguna rotura en los instrumentos ProFile. La instrumentación manual fue más rápida que la mecánica, pero la diferencia no fue estadísticamente significativa.

**Conclusión:** Bajo las condiciones de este estudio, el uso del sistema rotatorio ProFile se demostró simple y seguro y consiguió mejores preparaciones que la instrumentación manual.

(Quintessence Int. 2006;37(10):811-7)

La limpieza y modelado de los conductos radiculares son fases muy importantes en los tratamientos de endodoncia. Durante la instrumentación es importante mantener la curvatura original de los conductos y crear una forma progresivamente cónica con su diámetro más pequeño en la constricción apical y el más grande en el orificio coronal<sup>1</sup>. Por desgracia, estos objetivos no siempre se consiguen con facilidad, sobre todo en los conductos estrechos y curvos.

En las diferentes técnicas de preparación se han empleado distintos instrumentos de acero inoxidable para conseguir una forma ideal. Sin embargo, un gran número de reseñas han demostrado que con bastante frecuencia se producen incidentes durante el procedimiento, sobre todo en los conductos curvos<sup>2-5</sup>. Hasta la fecha, en la mayoría de las escuelas dentales se ha empleado la instrumentación manual para la formación en endodoncia. El tratamiento endodóntico satisfactorio depende de la capacidad del profesional para modelar de forma segura y efectiva el sistema de conductos radiculares. Debido a la relativa inexperience de los estudiantes, la incidencia de enderezamiento de los conductos y otros errores de procedimiento es muy alta.

<sup>a</sup>Profesor adjunto. Departamento de Odontología Restauradora, Periodoncia, y Endodoncia. Facultad de Odontología. Universidad de Greifswald. Alemania.

<sup>b</sup>Profesor adjunto. Departamento de Odontología Restauradora, Periodoncia, y Endodoncia. Facultad de Odontología. Universidad de Greifswald. Alemania. Investigador Asociado. Departamento de Periodoncia. Instituto Eastman Dental. University College. Londres. Inglaterra.

<sup>c</sup>Profesor Adjunto. Departamento de Odontología Restauradora, Periodoncia, y Endodoncia. Facultad de Odontología. Universidad de Greifswald. Alemania. Profesor Adjunto. Departamento de Odontología Restauradora. Universidad de Tennessee Centro de Ciencias de la Salud. Memphis. Tennessee. Estados Unidos.

Correspondencia: Dr. Heike Steffen.

Department of Operative Dentistry. Peridontology and Paediatric Dentistry. School of Dentistry. Ernst-Moritz-Arndt University of Greifswald. Rotgerberstrasse 8. D 17487 Greifswald. Alemania.

Correo electrónico: hsteffen@mail.uni-greifswald.de

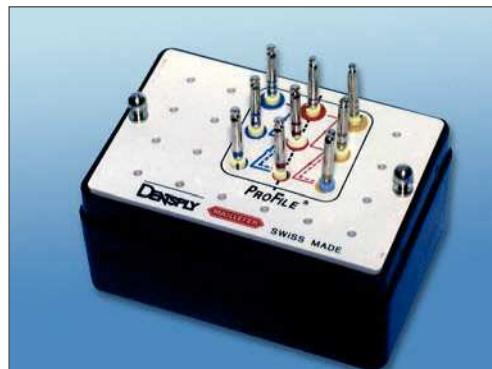


Figura 1 (arriba). Kit básico de ProFile 0,06/0,04.



Figura 2 (derecha). EndoStepper.

El desarrollo de los instrumentos rotatorios de níquel-titánio (NiTi) ha permitido una alternativa única a la instrumentación manual tradicional. Los estudios previos en bloques de resina o dientes extraídos han demostrado que los instrumentos rotatorios de NiTi son mejores a la hora de mantener el trayecto original de los conductos curvos durante la instrumentación y consiguen preparaciones de los conductos mejor centradas y más redondeadas<sup>4-8</sup>. El principal problema con los instrumentos rotatorios de NiTi probablemente es el fallo de los instrumentos<sup>6,9-11</sup>.

El objetivo de este estudio fue comparar la técnica step-down en bloques simulados preparados por estudiantes empleando limas manuales K (VDW) o limas ProFile 0,06/0,04 (Dentsply Maillefer) en combinación con EndoStepper (SET).

### Método y materiales

Estudiantes a los que se les dieron instrucciones prepararon un total de 72 bloques plásticos curvados, coloreados y simulados (AG-3ZPUKR, Frasaco) con la misma forma geométrica en términos de ángulo (30 grados) y radio de curvatura y diámetro coronal (1,15 mm). El diámetro inicial de los bloques plásticos fue elegido de acuerdo con la Organización Internacional de la Estandarización (ISO) en 10. Se realizó un estudio piloto para confirmar que todos los bloques empleados eran idénti-

cos, sin variaciones en la forma. La instrucción de todos los participantes se llevó a cabo mediante una conferencia de 90 minutos sobre los instrumentos K file y ProFile y sus técnicas de preparación coronoapicales; después de ello se les proyectó un vídeo instructivo del fabricante. Cada participante recibió un manual que definía la secuencia de instrumentos a emplear y preparó un bloque con cada técnica para familiarizarse con los instrumentos y el EndoStepper.

Durante el siguiente estudio, cada bloque fue cubierto con cinta opaca para asegurarse de que el proceso se llevaba a cabo de forma ciega; sin embargo, sí se marcaba la dirección de la curva. Todos los conductos fueron preparados a una distancia de trabajo de 17 mm, a 1 mm del extremo apical, y hasta una lima apical maestra de tamaño 30. Cada instrumento fue usado sólo para la preparación de 1 bloque y fue reemplazado inmediatamente en caso de deformación. Se llevó a cabo irrigación copiosa con hipoclorito sódico al 3% (20 ml) y se empleó como lubricante 0,2 g de Chelator RC-Prep (Premier Dental) empleando para ello jeringas desechables (Monoject, Bdiscardit II) antes de la preparación y tras el uso de cada instrumento. Las limas fueron limpiadas regularmente con una esponja para eliminar los restos de resina.

Todos los participantes instrumentaron 1 bloque con limas K y un segundo bloque con ProFiles 0,06/0,04, ambos con la técnica coronoapical. Para la preparación

Tabla 1. Áreas no preparadas en las partes interna y externa de la curvatura del conducto (conducto dividido en tercios)

	Tercio coronal		Tercio medio		Tercio apical	
	Parte interna de la curvatura	Parte externa de la curvatura	Parte interna de la curvatura	Parte externa de la curvatura	Parte interna de la curvatura	Parte externa de la curvatura
Conductos preparados a mano	3	—	—	16	19	—
Conductos instrumentados con ProFile	—	—	—	1	4	4

mecánica, se emplearon el Kit básico (fig. 1) y el EndoStepper (fig. 2) siguiendo las instrucciones de los respectivos fabricantes. Para la preparación, los estudiantes emplearon el nuevo EndoStepper, un motor de paso de bajo torque con electrónica controlada por ordenador para velocidad y torque específico por instrumento que opera por debajo del límite máximo permisible de torque de cada instrumento rotatorio. Cuando el motor alcanza el límite de torque específico del instrumento, se para. Para la secuencia de limas K, los estudiantes usaron una secuencia instrumental coronoapical idéntica acorde con la descripción de Goerig et al<sup>12</sup> con una recapitulación después de cada tamaño hasta la distancia de trabajo completa.

Se registró en minutos el tiempo empleado en la preparación de los conductos, detallando los cambios de limas, los ajustes de la distancia de trabajo, así como la irrigación. Se examinaron los instrumentos después de cada uso, y se guardó un registro de los instrumentos visiblemente deformados o fracturados.

Tras retirar la cinta opaca, se tomaron imágenes postoperatorias de los conductos empleando una cámara de video conectada a un ordenador con software de análisis de imágenes, y un dentista independiente valoró las preparaciones en cuanto a cantidad y posición del material eliminado, conicidad, y forma por inspección directa mediante el microscopio (Carl Zeiss) a 5 aumentos. La conicidad se consideró buena cuando el conducto tenía una forma cónica en toda su longitud. Se registró también la existencia de errores, como el transporte apical. El diámetro se consideró aceptable cuando el orificio coronal era redondeado u ovalado e inaceptable cuando el orificio tenía forma irregular. El orificio coronal se midió

en su punto más ancho en dirección vertical y horizontal empleando el programa de análisis por ordenador.

Después de esta valoración, se insertó una lima K ISO 10 en el conducto preparado, y se palpó el bloqueo. Esta evaluación se realizó a ciegas; es decir, el dentista no conocía qué técnica se había empleado en el conducto.

Empleando el SPSS 10.0 (SPSS), se tabularon y analizaron estadísticamente los datos empleando la prueba de Wilcoxon para muestras pareadas. Se contempló como significativo un valor  $P \leq 0,05$ .

## Resultados

En 25 bloques preparados con ProFiles se encontró una forma de conducto de conicidad progresiva, mientras que sólo 10 de los conductos instrumentados con limas manuales exhibieron una buena conicidad ( $P < 0,05$ ). En 26 de los conductos preparados con limas K, se encontró bloqueo mientras que sólo 3 de los conductos instrumentados con ProFile se bloquearon.

En la porción apical, ambas técnicas mostraron áreas no preparadas, fundamentalmente en la parte interna de la curvatura, lo que se asoció al transporte del foramen apical hacia la parte externa de la curvatura. Las limas ProFile transportaron el conducto alejándolo del eje original en 4 casos, mientras que 19 de los conductos preparados con limas manuales fueron transportados resultando en 9 casos en una configuración zip/codo creada con la instrumentación manual. En la porción media, sólo los conductos instrumentados a mano mostraron áreas no preparadas en la parte externa de la curvatura mientras que sólo un conducto preparado con ProFile lo hizo (tabla 1).

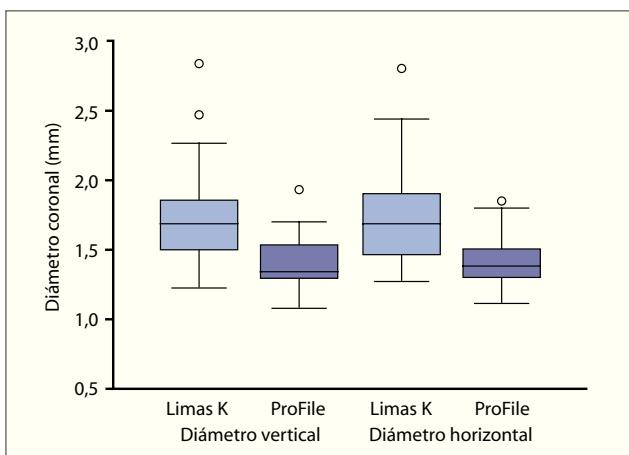


Figura 3. Diámetro vertical y horizontal del orificio coronal en conductos preparados con limas K y con instrumentos ProFile.

El diámetro coronal en los conductos instrumentados a mano fue más irregular y significativamente más ancho que los preparados de forma mecánica ( $P = 0,000$ ) (fig. 3).

No se produjo ninguna rotura del instrumento en los conductos preparados con ProFile, mientras que en los conductos preparados a mano se produjeron 7 separaciones. Un total de 79 limas K se deformaron (promedio de 15 por tamaño ISO), mientras que sólo 3 instrumentos ProFile (0,06/30, 0,04/30, 0,04/25) fueron reemplazados en este estudio.

El tiempo medio requerido para la preparación (fig. 4) presentó un amplio porcentaje de variación. Con una media de  $38,5 \pm 19,5$  minutos, la preparación manual fue más rápida que la instrumentación ProFile, que presentó una media de  $45,0 \pm 19,6$  minutos. En general, la instrumentación ProFile consumió más tiempo, pero los resultados estadísticos no indicaron significación ( $P > 0,05$ ).

No hubo correlación entre el tiempo de preparación, la forma del conducto, los bloqueos, o la deformación o separación de instrumentos.

## Discusión

El propósito del presente estudio fue comparar 2 técnicas de instrumentación llevadas a cabo por estudiantes inexpertos en términos de forma del conducto, tiempo de preparación, y fallo de los instrumentos.

Para asegurar unos parámetros idénticos en todos los participantes, se emplearon conductos radiculares simulados. Estudios previos han identificado las ventajas de emplear conductos simulados en bloques de resina para

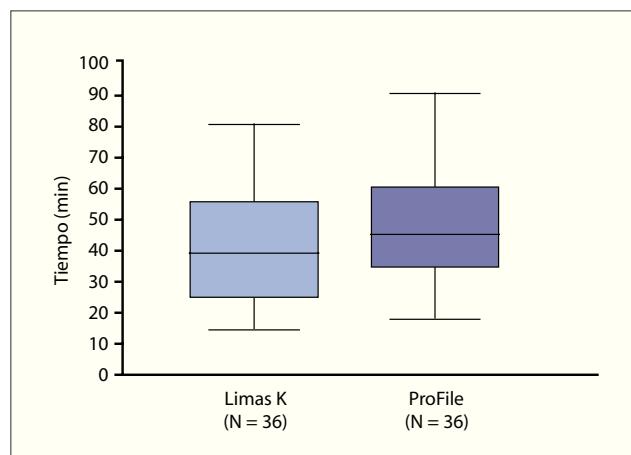


Figura 4. Tiempo de preparación en conductos instrumentados con limas K y con ProFile.

valorar los procedimientos de la preparación y el comportamiento de los instrumentos<sup>2,8</sup>. El método de emplear bloques de resina redondos con un conducto coloreado permitió obtener imágenes claras de las áreas ensanchadas y de las que permanecieron sin cambios tras la instrumentación. Las propiedades físicas de la resina empleada en el presente estudio son diferentes de las de estudios realizados en dentina o en otros bloques de resina, y pudieron tener influencia en la forma de la preparación, bloqueos, o tiempo de preparación. De cualquier forma, un bloque de resina tan sólo es un modelo estandarizado. Como no es posible estandarizar la anatomía de los conductos radiculares, debe tenerse cuidado a la hora de extrapolar nuestros resultados a la situación clínica.

La forma de conicidad progresiva se encontró con mayor frecuencia en los conductos preparados con ProFile, lo que confirma los estudios previos<sup>4,6,8,13,14</sup>. Alodeh et al<sup>2</sup>, Park<sup>14</sup>, y Zmener y Banegas<sup>5</sup> encontraron que la mayoría de los conductos curvos preparados con limas K tenían una forma de reloj de arena, lo que confirma ampliamente nuestras observaciones. Esposito y Cunningham<sup>3</sup> y Short et al<sup>4</sup> demostraron que, en preparaciones de conductos con tamaños superiores al ISO 30, los instrumentos rotatorios de NiTi eran más efectivos que los de acero inoxidable en el mantenimiento de la curvatura del conducto. De hecho, las limas K se caracterizan por ser instrumentos bastante inflexibles, factor que explica bastante bien su relativamente elevada incidencia de transportes. La buena conicidad presumiblemente refleja la mayor conicidad de los instrumentos ProFile combinados con su acción de alisado durante la rotación, lo que tiende a producir una forma cónica con pa-

redes lisas del conducto<sup>15</sup>. Así, Park<sup>14</sup> demostró que los instrumentos ProFile con una conicidad del 6% conseguían una conicidad excelente y mantenían la curvatura original, mientras que la instrumentación manual mostraba un ensanchamiento sin conicidad y con importantes incidencias de transporte.

En contraste con el presente estudio y con estudios previos, Namazikhah et al<sup>11</sup>, comparando radiografías pre y postoperatorias, no encontraron que la incidencia de errores de procedimiento disminuyera de forma estadísticamente significativa comparando ProFile 0,04 con la técnica coronoapical con preensanchado realizada por estudiantes dentales inexpertos empleando fresas de Gates-Glidden y limas K manuales en molares extraídos. Rhodes et al<sup>7</sup> no observaron diferencias significativas en el centraje o modelado del conducto entre la instrumentación manual y la instrumentación rotatoria con NiTi de los conductos radiculares. Incluso Stone et al<sup>16</sup> encontraron que la instrumentación rotatoria con NiTi transportaba más el conducto que los instrumentos manuales.

En el presente estudio, ambas técnicas mostraron áreas no preparadas en la porción apical, fundamentalmente en la parte interior de la curvatura; en la porción media, sólo los conductos instrumentados a mano mostraron áreas no preparadas en la parte externa de la curvatura. Esto confirma los estudios de Baumann y Roth<sup>6</sup>, Short et al<sup>4</sup> y Thompson y Dummer<sup>17</sup>, en los que la eliminación de material de la cara externa de los conductos con instrumentos ProFile fue máxima cerca del ápice. De forma contraria a este y otros estudios<sup>4,17</sup>, Alodeh et al<sup>2</sup> encontraron que muchos conductos habían sido ensanchados excesivamente en la cara interna de la curva en la mayoría de los conductos curvos preparados con limas K.

El bloqueo fue un hallazgo universal en los conductos preparados de forma manual y pareció ser un problema de la geometría del instrumento, técnica de preparación o ambas; sólo 3 de los conductos instrumentados con ProFile se bloquearon. Baumann y Roth<sup>6</sup> y Bryant et al<sup>15</sup> no encontraron ningún bloqueo en bloques de plástico preparados con ProFile 0,04. De forma similar, Thompson y Dummer<sup>8</sup> reseñaron que los instrumentos tienden a pegarse a la resina y a introducirse en el conducto lo que conduce a una tasa de fallos más elevada que la que se produce cuando se emplean dientes extraídos. Por esta razón, las limas de NiTi presentan un diseño que favorece la expulsión de los restos hacia el exterior del conducto, mientras que las limas de acero inoxidable tienden a empaquetar los restos en el tercio apical, produciendo una pérdida de la longitud de trabajo.

El presente estudio mostró que el orificio coronal de los conductos instrumentados a mano era más irregular que los de los preparados de forma mecánica. Estas observaciones concuerdan con hallazgos previos<sup>15,17</sup> en los que todos los bloques preparados con instrumentos ProFile exhibieron paredes lisas sin surcos horizontales ni longitudinales. En los conductos instrumentados a mano, se produjeron con frecuencia surcos y orificios coronales irregulares<sup>6</sup>. Las fresas de Gates-Glidden pueden resultar útiles para modelar un orificio más redondeado que el obtenido en este estudio con los instrumentos manuales.

La preparación de los conductos radiculares simulados llevó bastante tiempo y mostró grandes variaciones, que pudieron verse influídas por el tipo de resina y la falta de experiencia de los participantes. Sólo Alodeh et al<sup>2</sup> presentaron un tiempo de preparación similar de 55,4 ± 11,9 minutos. En el estudio de Baumann y Roth<sup>6</sup>, los endodoncistas entrenados fueron más rápidos que los estudiantes con poca experiencia en la preparación de conductos radiculares simulados con instrumentos ProFile. Otros estudios reseñaron que la preparación rotatoria con limas de NiTi en bloques fue más rápida que la preparación con instrumentos manuales<sup>3,4,8,13</sup>. Sin embargo, estos autores emplearon otros bloques y una manera diferente de preparación y además las preparaciones fueron ejecutadas por endodoncistas con experiencia, haciendo que sus resultados no sean comparables.

No hubo separaciones de los instrumentos ProFile, pero sí se rompieron dentro del conducto 7 limas manuales; además un número sustancial de limas K se deformaron, sin correlación con el tamaño ISO. Alodeh et al<sup>2</sup> observaron una tasa de fracturas y de deformación muy elevadas en las limas K en los tamaños ISO 8 a 15. Short et al<sup>4</sup> reseñaron ausencia de fracturas de los instrumentos manuales con la técnica coronoapical, lo que no confirma los presentes resultados con estudiantes sin experiencia.

La mayor parte de los estudios disponibles realizados con instrumentos de NiTi activados por motor reseñan un aumento de la tasa de fractura de los instrumentos de NiTi<sup>3,6,9,10,13,18</sup> o un número sustancial de instrumentos deformados. Thompson y Dummer<sup>8</sup> reseñaron un aumento de la tasa de fractura en las ProFiles de mayor tamaño 0,04, incluso aunque fueran reemplazadas cada 4 usos; las ProFiles 0,04 empleadas en el estudio de Yared et al<sup>18</sup> mostraron una tendencia hacia una mayor incidencia de deformación de los instrumentos y separación de los mismos en los instrumentos ProFile más pequeños 0,06. Los ProFile 0,04 empleados en el estudio de Thompson y Dummer<sup>8</sup> son probablemente menos resistentes que los instrumentos 0,06 más grandes

empleados en el estudio de Yared y en el presente estudio. La forma más cónica de los instrumentos ProFile 0,06 previene de forma más efectiva el doblado de la lima en las paredes del conducto que los instrumentos con menor conicidad. Sólo Rhodes et al<sup>7</sup> y Short et al<sup>4</sup> consideraron que la fractura de los instrumentos ProFile 0,04 en dientes extraídos podía evitarse empleando la técnica coronoapical. Baumann y Roth<sup>6</sup>, Mandel et al<sup>10</sup>, Namazikhah et al<sup>11</sup> y Yared et al<sup>18</sup> demostraron que la tasa de fractura podía disminuir con el aumento de experiencia del operador. Thompson y Dummer<sup>8,17</sup> vieron razones para la elevada incidencia de deformación y fractura en los instrumentos de NiTi en el propio metal o en el proceso de mecanizado que crea las hojas de corte, y demostraron claramente que el diseño del instrumento, la secuencia específica de instrumentación, y posiblemente el tamaño del instrumento tienen influencia sobre el fallo del mismo. Otros autores demostraron que la separación podía depender de la velocidad y torque empleados durante la instrumentación<sup>6,9</sup>. En el presente estudio se emplearon para la preparación limas ProFile 0,06/0,04 en combinación con el nuevo Endo-Stepper, un motor de paso de bajo torque con electrónica controlada por ordenador para velocidad y torque específicos del instrumento que opera por debajo del límite de torque máximo permisible de cada instrumento rotatorio. El motor se detiene cuando se carga hasta el límite de torque específico del instrumento. Este hecho, junto con el empleo de la técnica coronoapical en instrumentos de conicidad 0,06/0,04, podría ser responsable de la menor tasa de deformación. Yared et al<sup>18</sup> usaron exclusivamente ProFiles 0,06 (tamaños 15 a 40) y no tuvieron deformaciones ni separaciones con los operadores más experimentados.

Bajo las condiciones de este estudio, la instrumentación con limas K demostró ser un método poco satisfactorio para la preparación de bloques simulados, mientras que las limas ProFiles 0,06/0,04 en combinación con el EndoStepper mostraron mejores resultados en la forma y alta seguridad en la preparación y prevención de deformaciones o fracturas. Los estudiantes inexpertos fueron capaces de manejar la sensación táctil de los instrumentos ProFile, lo que difiere de la de los instrumentos manuales, y consiguieron mejores resultados con la preparación mecánica que con la instrumentación manual. Parece que la instrumentación manual requirió más experiencia para conseguir buenas preparaciones en los bloques comparada con la instrumentación ProFile 0,06/0,04 en combinación con el EndoStepper. Namazikhah et al<sup>11</sup> recomendaron dominar primero la técnica de limado manual antes de cambiar a las técnicas rotato-

rias de NiTi, debido al coste de los instrumentos de NiTi y al riesgo de separación de los mismos. En el presente estudio, no pudimos confirmar que el coste de los ProFiles fuera más elevado que el de las limas manuales, debido a la baja tasa de deformación de los ProFiles.

En general, los resultados de los estudios de laboratorio han sido desfavorables para los instrumentos rotatorios, con la consecuencia de que no se recomienda su uso rutinario. Si estos estudios de laboratorio pudieran confirmarse por estudios con dientes extraídos y estudios clínicos que arrojaran resultados similares, entonces los instrumentos rotatorios podrían representar una valiosa incorporación al arsenal endodóncico para la educación de estudiantes.

### Conclusiones

Basándose en los resultados de este estudio, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. Los estudiantes fueron capaces de llevar a cabo sobre conductos radiculares simulados 2 técnicas de preparación muy diferentes después de recibir las correspondientes instrucciones y de emplear en ello un determinado tiempo.
2. Los instrumentos ProFile a comparación de las limas K causaron de forma significativa menos transportes, se mantuvieron más centrados en el conducto, y consiguieron preparaciones del conducto radicular más redondeadas con una buena conicidad y sin bloqueos.
3. Los instrumentos ProFiles 0,06/0,04 empleados con la técnica coronoapical y el EndoStepper previnieron las fracturas y minimizaron la deformación de los instrumentos.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a Dentsply Maillefer (Ballaigues, Suiza) el suministro de los instrumentos ProFile y a VDW (Múnich, Alemania) el suministro de las limas K. Gracias también a la compañía SET (Olching, Alemania) por suministrarnos el EndoStepper para el entrenamiento de los estudiantes. Los autores querrían también agradecer al Dr. Christian Schwahn su ayuda con el análisis estadístico y a Kathleen Slieth su ayuda en la preparación del manuscrito.

### Bibliografía

1. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. Dent Clin North Am 1974;18:269-296.
2. Alodeh MHA, Doller R, Dummer PMH. Shaping of simulated root canals in resin blocks using the step-back technique with K-files manipulated in a simple in/out filing motion. Int Endod J 1989;22: 107-117.

3. Esposito PT, Cunningham CJ. A comparison of canal preparation with nickel-titanium and stainless steel instruments. *J Endod* 1995; 21:173-176.
4. Short JA, Morgan LA, Baumgartner JC. A comparison of canal centering ability of four instrumentation techniques. *J Endod* 1997; 23:503-507.
5. Zmener O, Banegas G. Comparison of three instrumentation techniques in the preparation of simulated curved root canals. *Int Endod J* 1996;29:315-319.
6. Baumann MA, Roth A. Effect of experience on quality of canal preparation with rotary nickel-titanium files. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999;88:714-718.
7. Rhodes JS, Pitt Ford TR, Lynch JA, Liepins PJ, Curtis RV. A comparison of two nickel-titanium instrumentation techniques in teeth using microcomputed tomography. *Int Endod J* 2000;33:279-285.
8. Thompson SA, Dummer PMH. Shaping ability of ProFile .04 taper series 29 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 1. *Int Endod J* 1997;30:1-7.
9. Gambarini G. Rationale for the use of low-torque endodontic motors in root canal instrumentation. *Endod Dent Traumatol* 2000;16: 1-6.
10. Mandel E, Adib-Yazdi M, Benhannou L-M, Lachkar T, Mesgouez C, Sobel M. Rotary Ni-Ti ProFile systems for preparing curved canals in resin blocks: Influence of operator on instrument breakage. *Int Endod J* 1999;32:436-443.
11. Namazikhah MS, Mokhlis HR, Alasmakh K. Comparison between a hand stainless-steel K file and a rotary NiTi 0.04 taper. *Dent Clin North Am* 2000;28:421-426.
12. Goerig AC, Michelich RJ, Schultz HH. Instrumentation of root canals in molars using the step-down technique. *J Endod* 1982;21: 146-151.
13. Bryant ST, Thompson SA, Al-Omari MAO, Dummer PMH. Shaping ability of ProFile rotary nickel-titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals. Part I. *Int Endod J* 1998;31: 275-281.
14. Park H. A comparison of Greater Taper files, ProFiles and stainless steel files to shape curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001;6:715-718.
15. Bryant ST, Thompson SA, Al-Omari MAO, Dummer PMH. Shaping ability of ProFile rotary nickel-titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals. Part II. *Int Endod J* 1998;31: 282-289.
16. Stone R, Zuolo M, Walton R. Apical transportation: Steel vs NiTi and vs NiTi rotary [abstract]. *J Endod* 1995;21:216.
17. Thompson SA, Dummer PMH. Shaping ability of ProFile .04 taper series 29 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 2. *Int Endod J* 1997;30:8-15.
18. Yared GM, Bou Dagher FE, Machtou P. Influence of rotational speed, torque and operator's proficiency on ProFile failures. *Int Endod J* 2001;34:47-53.