

# Análisis histométrico de la capacidad de dos sistemas mecanizados para la instrumentación y conformación de conductos curvos simulados

## *Histometric comparison of simulated curved root canals prepared by two engine driven instrumentation systems*

### Resumen

El objetivo de este trabajo realizado en dos etapas fue comparar la capacidad de preparación de dos diferentes sistemas de instrumentación mecanizada, ProTaper (PTRS) y el sistema híbrido TiLOS (TiAET) utilizando para ello veinte ( $n = 20$ ) conductos curvos simulados estandarizados (CSE) contenidos en bloques de resina acrílica transparente. La longitud de trabajo (LT) fue establecida a nivel de la terminación apical. En la primera etapa del estudio, los CSE fueron fotografiados en forma estandarizada mediante una cámara digital antes y después de la instrumentación con PTRS ( $n = 10$ ) o TiAET ( $n = 10$ ). El análisis de la configuración de los CSE fue realizado mediante una computadora y un programa analizador de imágenes midiendo en  $\text{mm}^2$  el espacio del conducto antes y después de la instrumentación desde la LT hasta su extremo coronario. En la segunda etapa, se realizaron secciones transversales a 1, 5 y 10 mm de la LT sobre los que se evaluaron y midieron en  $\text{mm}^2$  los cambios producidos en el área seccional instrumentada y en su perímetro circunferencial (expresado como porcentaje de circularidad). Las imágenes fueron capturadas en un fotomicroscopio conectado a la computadora y evaluadas mediante el analizador de imágenes. Los datos obtenidos en las mediciones fueron sometidos a un análisis estadístico estableciéndose un nivel de significación de  $p < 0.05$ . En la primera etapa del estudio no hubo diferencias significativas en cuanto al espacio preparado con PTRS o TiAET ( $p > 0.05$ ). Los resultados de la segunda etapa no revelaron diferencias significativas entre ambos sistemas de instrumentación a 1 y 5 mm de la LT ( $p > 0.05$ ) mientras que TiLOS se comportó significativamente mejor a 10 mm de la LT. A este nivel PTRS removió de las paredes de los CSE una cantidad significativamente mayor de resina acrílica ( $p < 0.01$ ) con una tendencia a remover más material hacia la pared interna de la curva.

**PALABRAS CLAVE:** *conductos radiculares curvos, conductos simulados, instrumentación, instrumentos mecanizados.*

### Summary

The aim of this two-part study was to compare the shaping ability of two different engine-driven instrumentation systems, ProTaper (PTRS) and the recently introduced hybrid system TiLOS (TiAET) in twenty ( $n=20$ ) simulated curved canals (CSE) in clear acrylic resin blocks. The working length (WL) was established at the apical terminus of the CSE. In part 1, canals were photographed pre-operatively and after preparation with PTRS ( $n=10$ ) or TiAET ( $n=10$ ) using a digital camera. Assessment of the shape of the instrumented canals was completed with an image analysis software measuring the canal space (in  $\text{mm}^2$ ) from their apical end to the coronal zone. In part 2, the parameters evaluated were changes in cross-sectional canal area (in  $\text{mm}^2$ ) and the perimeter of the canals (expressed as the percentage of canal roundness) after instrumentation. Cross-sectional slides were obtained at 1, 5 and 10 mm from the WL. Then, the post operative images were captured with a photomicroscope coupled with the computer and analyzed with the image analysis software. Data were subjected to statistical analysis. In part 1, no significant differences were observed for the canal space after preparation with PTRS or TiAET ( $p>0.05$ ). In part 2 no significant differences were observed between both instrumentation systems at 1 and 5 mm from the WL ( $p>0.05$ ) while the TiAET system performed significantly better at the 10 mm level. At this level, PTRS removed significantly more acrylic resin than the TiAET system ( $p<0.01$ ) with a tendency to remove more material towards the inner side of the CSE walls.

**KEY WORDS:** *curved root canals, engine-driven instruments, root canal preparation, simulated root canals.*

ZMENER,  
OSVALDO\*

PAMEIJER,  
CORNELIS H.\*\*

ÁLVAREZ SERRANO,  
SUSANA\*\*\*

\*Profesor Titular, Carrera de  
Especialización en Endodoncia,  
Escuela de Odontología,  
USALIAOA, Argentina.

\*\*Profesor Emérito, Escuela  
de Medicina Dental,  
Universidad de Connecticut,  
USA.

\*\*\*Profesora Adjunta, Carrera de  
Especialización en Endodoncia,  
Escuela de Odontología,  
USALIAOA, Argentina.

### Introducción

La limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares juntamente con una adecuada conformación final que permita su obturación en las tres dimensiones son objetivos fundamentales para la obtención de un tratamiento

exitoso a distancia.<sup>1</sup> Con respecto a la obturación, es deseable que la preparación y conformación del conducto radicular presente una forma cónica continua y una sección transversal en lo posible circular con su diámetro menor localizado a nivel de la unión cementodentaria

Fecha de recepción:  
Marzo 2011

Fecha de aceptación y versión final:  
Abril 2011

apical.<sup>2</sup> Sin embargo, y como consecuencia de la instrumentación biomecánica, especialmente en conductos curvos, se ha informado sobre la presencia de diferentes alteraciones morfológicas e incluso perforaciones.<sup>3-5</sup> Estas alteraciones pueden comprometer seriamente la anatomía original del conducto radicular e impedir la realización de una obturación adecuada. Con el objeto de mejorar la preparación y conformación de los conductos radiculares curvos se ha sugerido el uso de una variedad de instrumentos y técnicas de instrumentación,<sup>6-9</sup> aunque sin embargo, con mucha frecuencia, la conformación "ideal" no siempre es posible de obtener.

Para superar estos problemas, una nueva generación de instrumentos mecanizados de níquel titanio (NiTi) ha venido ganando popularidad entre los clínicos.<sup>10,11</sup> Su flexibilidad incrementada y su memoria elástica le han permitido al operador obtener una preparación y limpieza de conductos curvos significativamente más rápida con un número más reducido de alteraciones morfológicas.<sup>12-16</sup> Entre los instrumentos de NiTi disponibles en el mercado el sistema de instrumentos rotatorios ProTaper (PTRS; Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Switzerland) es muy utilizado, ha sido exhaustivamente estudiado<sup>17-19</sup> y aparece como un sistema de instrumentación seguro y efectivo para la preparación y conformación de conductos radiculares curvos<sup>17</sup> aunque ha demostrado cierta tendencia a remover más volumen de dentina radicular.<sup>18,19</sup> Recientemente, ha sido incorporado al mercado un nuevo sistema denominado TiLOS Anatomic Endodontic Technology (TiAET; Ultradent Products, Inc., South Jordan, UT).<sup>20</sup> Se trata de un sistema híbrido que utiliza una combinación de instrumentos de acero inoxidable e instrumentos de NiTi que deben ser utilizados mediante un contraángulo que provee un movimiento recíproco de 30°. Los instrumentos trabajan en base a una combinación de movimientos en sentido coronapical (crown-down) y apicocoronario (step-back). El sistema está formado por seis instrumentos mecanizados: tres instrumentos de acero inoxidable (Shaping Files) denominados S #1 (ISO #10 en su punta y conicidad .02 a lo largo de toda la parte activa), S #2 (ISO #13 en la punta y conicidad .03) y S #3 (ISO #13 en su punta y conicidad .04). Estos instrumentos están específicamente diseñados para la preparación inicial de los tercios coronario y medio. Los tres instrumentos restantes son de NiTi y se denominan "transicionales". Todos presentan una punta de tamaño ISO #25 y se denominan T #1, T #2 y T #3 con conicidad .02, .04 y .08 respectivamente. Están diseñados para crear una preparación continua y ensanchar los tercios coronario, medio y apical hasta la longitud de trabajo. El sistema se complementa con cinco instrumentos tipo K ma-

nuales de NiTi denominados "Finishing Files", todos con una conicidad .02 y puntas de tamaño ISO #25, #30, #35, #40 y #45 respectivamente y especialmente indicados para la preparación final del tercio apical luego de la preparación inicial. Adicionalmente y para el mismo sistema, es posible obtener limas de NiTi manuales de tamaño ISO #50 al #80. De acuerdo con lo informado por el fabricante, a medida que los instrumentos "transicionales" trabajan en sentido coronapical ejercen una acción mínimamente invasiva sobre las paredes dentinarias y al mismo tiempo tienden a mantener la configuración anatómica original del conducto radicular.

La literatura es pródiga en investigaciones sobre la efectividad de los instrumentos endodónticos de diferente tipo y diseño para la preparación de conductos radiculares, generalmente mediante el uso de dientes naturales<sup>17,19,21</sup> o de conductos simulados estandarizados incluidos en bloques de resina acrílica (CSE).<sup>14,22</sup> Entre los procedimientos metodológicos descritos, la comparación de imágenes superpuestas obtenidas antes y después de la instrumentación o de secciones transversales realizadas a diferentes distancias de la longitud de trabajo han permitido evaluar una de las más importantes condiciones de la preparación: la capacidad del instrumento de permanecer centrado dentro del conducto radicular durante la instrumentación.<sup>18,23</sup> Los objetivos de este trabajo fueron analizar comparativamente: 1) la morfología original de los CSE sin instrumentar y las variaciones producidas luego de la instrumentación con PTRS o TiAET y 2) calcular sobre secciones transversales realizadas a 1, 5 y 10 mm de la longitud de trabajo (LT) la cantidad de material removido por los instrumentos y el porcentaje de circularidad final luego de la preparación.

### Material y métodos

Para este estudio se utilizaron 20 CSE (Nissin Corporation, Tokio, Japón) contenidos en bloques de resina acrílica transparente de 35 x 9 x 9 mm tomados al azar de entre un grupo de 60 especímenes. Los CSE presentaban una conicidad .02, una curvatura de 30 ± 5 grados, radio de 6,5 mm y 17 mm de longitud total (11 mm corresponden a la porción recta y 6 mm a la porción curva final). La estandarización de la curvatura, el radio y la longitud fueron determinados de acuerdo con los procedimientos descritos por Schneider.<sup>24</sup> En todos los CSE la LT fue establecida a nivel de la terminación apical (17 mm) por medio de una lima K #10 (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Switzerland). Posteriormente los CSE fueron asignados al azar a dos grupos, PTRS y TiAET (n = 10 cada uno). Para el cumplimiento de los objetivos previamente expues-

tos, los procedimientos operatorios del estudio fueron realizados en dos etapas.

En la primera etapa, la evaluación de la morfología original (área total) de los CSE y los cambios ocurridos luego de la instrumentación fue realizada mediante una modificación de la técnica descrita por Calberson et al. (2004).<sup>13</sup> Brevemente: antes de la instrumentación, los CSE de cada grupo se montaron individualmente sobre una plataforma vertical de resina acrílica transparente de 10 mm de espesor conteniendo un área limitada de 35 x 9 mm (similar a las medidas externas de los CSE) y 5 mm de profundidad que permitía ubicarlos siempre en la misma posición.

La plataforma estaba fijada sobre una base de madera que mantenía a su vez una distancia estandarizada entre la plataforma que contenía los CSE y una cámara digital Fuji FinePix S100fs 9.0 MP 2/3" (Fuji Photo Film, Tokio, Japón) equipada con una lente macro (100 mm [1/1]  $f = 5$ ) y zoom Fujinon (101,5 mm  $f = 2.8 - 5.3$ ). La cámara estaba conectada a una computadora y fijada a una base de acrílico que permitía regular su posición a la distancia necesaria (Fig. 1). Los CSE fueron fotografiados con una resolución de 2818 X 2112 pixeles y las imágenes fueron digitalizadas y analizadas mediante un programa de software (Image-Pro Plus versión 4.5.0.29; Media Cybernetics Inc. Silver Springs, MD USA). El software permitió determinar y delinear los contornos del área ocupada por los CSE sin instrumentar ajustados a una modalidad de color por medio de Adobe Photoshop 9.0 (Adobe Systems Inc., San José, CA, USA) para su mejor visualización. Cada imagen fue convertida a milímetros asociando los CSE a las medidas de una regla milimetrada incorporada a la imagen del monitor sin reducir su resolución en pixeles. El área total de los CSE se midió sobre la longitud total de 17 mm de cada espécimen (desde el extremo coronario hasta su terminación sin incluir el reservorio apical). La medición fue realizada con precisión de  $\pm 0,01$  mm y expresada en  $\text{mm}^2$ . En cada grupo, los bloques de resina fueron numerados con un marcador indeleble y posteriormente instrumentados de acuerdo con los siguientes procedimientos operatorios:

#### Grupo PTRS (n = 10). Instrumentación con ProTaper

Inicialmente, el acceso al ápice se estableció manualmente por medio de una lima K ISO #15 de acero inoxidable (Dentsply/Maillefer) insertada hasta la LT. Los instrumentos Shaping S #1, S #X, S #2, y Finishing F #1, F #2 y F #3 fueron finalmente utilizados en forma secuencial por medio de un motor eléctrico X-Smart (Dentsply/Mai-

llefer) con control de torque a  $\pm 350$  rpm hasta la LT, estableciendo un límite apical equivalente a ISO #30. En este grupo no se utilizaron limas manuales para la preparación apical final.

#### Grupo TiAET (n = 10). Instrumentación con TiLOS Anatomic Endodontic Technology

El acceso al ápice fue establecido inicialmente mediante una lima K ISO 15 de acero inoxidable provista en el avío comercial, que fue insertada hasta la LT y considerada como instrumento apical (IA). A continuación los instrumentos mecanizados de acero inoxidable S #1 y S #2 fueron utilizados en forma secuencial hasta 3 mm antes de la LT por medio de un contraángulo reductor 4:1 (Ultradent) con movimiento recíproco de  $30^\circ$  en un motor eléctrico TC 3000 (Nouvag, Goldach, Switzerland) a  $\pm 350$  rpm. El instrumento S #3 fue utilizado en forma similar pero solamente hasta 6 mm antes de la LT. Posteriormente se utilizó una lima manual ISO #20 de acero inoxidable hasta la LT con el objeto de crear un acceso libre al ápice y nuevamente el instrumento S #2 hasta la LT. La preparación continuó gradualmente en sentido coronapical por medio de los instrumentos T #3, T #2 y T #1, en ese orden, para la preparación de los tercios coronario, medio y apical respectivamente. Para la preparación final del tercio apical se utilizaron las limas manuales de NiTi hasta un instrumento ISO #30 a nivel de la LT.

En ambos grupos, los procedimientos operatorios respetaron las instrucciones del fabricante, utilizando los instrumentos mecanizados con una ligera presión apical y durante 1 segundo al alcanzar la LT. Durante la preparación, los CSE se mantenían sujetos por medio de un Clamp Industrial Universal #21129 Ajustable (Micro-Mark Co, USA),<sup>25</sup> fijado a la mesa de trabajo simulando la posición de un molar inferior derecho y cuidando que la curva quedase siempre

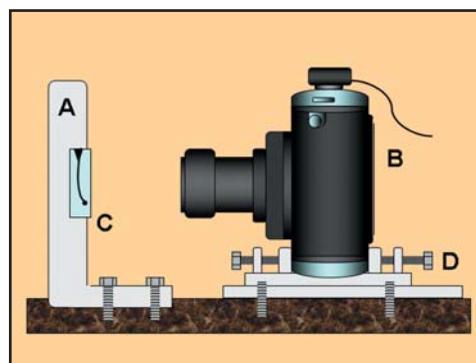


Fig. 1. Dibujo (no en escala) del sistema de fotografía. A: Base vertical de resina acrílica transparente. B: Cámara digital en posición. C: CSE. D: Sistema de regulación de la posición de la cámara digital.

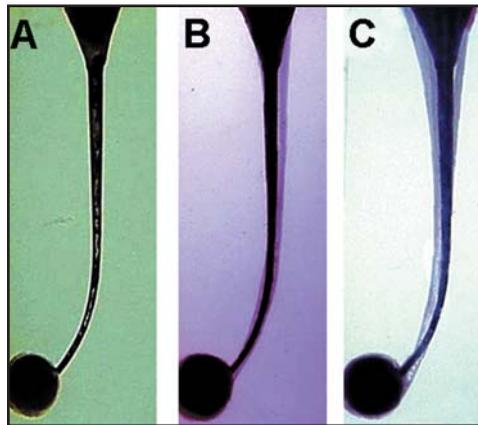


Fig. 2. A: Ejemplo representativo de un bloque de resina acrílica conteniendo un CSE original. B: Ejemplo representativo de la imagen de un CSE original superpuesta sobre la imagen del CSE luego de ser instrumentado con TiAET. C: Ejemplo representativo de la imagen de un CSE original superpuesta sobre la imagen del CSE luego de ser instrumentado con PTRS.

hacia el lado izquierdo del operador. Con el objeto de evitar el bloqueo del tercio apical con limallas y restos de acrílico, los CSE fueron profusamente irrigados con agua destilada (cantidad de ml no controlada) luego de cada cambio de instrumento y recapitulación con instrumentos manuales de menor calibre. La irrigación fue realizada por medio de jeringas descartables y agujas de calibre #30 complementada con succión por medio de un adaptador Luer y puntas capilares de 0.014 de diámetro (Ultradent). Durante todo el proceso de instrumentación, se utilizó el gel hidrosoluble Gyde File Prep (Dentsply/Maillefer) como lubricante intraconducto. En cada CSE, los instrumentos eran utilizados una sola vez y posteriormente descartados. En ocasiones, cuando se producían bloqueos por presencia de limallas y restos de acrílico o cuando no era posible llegar con un determinado instrumento hasta la longitud prevista, se utilizaba nuevamente el instrumento precedente con el objeto de despejar el camino hacia la LT. Las limas que debían ser nuevamente utilizadas se limpiaban con una esponja embebida en alcohol isopropílico para remover los residuos plásticos remanentes sobre la superficie del instrumento. Luego de una última irrigación con agua destilada y posterior succión los CSE fueron secados con conos de papel.

La evaluación de los resultados obtenidos luego de la instrumentación fue realizada por un observador independiente que desconocía los procedimientos utilizados en cada caso. Los CSE de cada grupo se montaron nuevamente sobre la plataforma vertical transparente ubicándolos en la misma posición en que fueron analizados inicialmente. Luego fueron fotogra-

fiados y las imágenes digitalizadas en las mismas condiciones preoperatorias y evaluadas mediante el mismo software, determinando y delineando los contornos de los CSE instrumentados también ajustados a una modalidad de color. Las imágenes fueron nuevamente convertidas a milímetros y sobre la longitud total de 17 mm de cada espécimen se midió el área total de los CSE instrumentados. La medición fue realizada con precisión de  $\pm 0,01$  mm y expresada en  $\text{mm}^2$ . Las imágenes preoperatorias fueron transparentadas y superpuestas sobre las imágenes postinstrumentación (Fig. 2). Las diferencias fueron consideradas como la cantidad de resina acrílica removida de las paredes de los CSE durante la instrumentación. Los datos obtenidos en cada grupo fueron sometidos a un análisis estadístico por medio del software SPSS v.15.0 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Los resultados promedio se analizaron por medio de ANOVA y el test de comparación múltiple de Tukey, estableciéndose un nivel de significación de  $p < 0.05$ .

En la segunda etapa del estudio, se analizaron y midieron a diferentes niveles de los CSE sus áreas transversales y el porcentaje de circularidad de las mismas. Los especímenes de ambos grupos fueron seccionados horizontalmente a 1, 5 y 10 mm del ápice por medio de un micrótopo Isomet 11-1180 (Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, USA) bajo refrigeración constante con agua destilada. Los cortes, de 1 mm de espesor, fueron realizados en forma perpendicular al eje principal del conducto. Para cada grupo, las secciones se marcaron en un extremo y se montaron sobre un portaobjetos de 76,0 x 26,0 mm, conteniendo una plataforma transparente de 9 x 9 mm que permitía ubicarlas siempre en la misma posición. Cada sección fue observada a nivel de la superficie que coincidía con los niveles preestablecidos y numeradas de manera tal de poder ser ordenadamente analizadas y fotografiadas a X25 aumentos en un fotomicroscopio LECO-300 (LECO Corp., Sth. Joseph, MI, USA) conectado a una computadora. Las imágenes fueron digitalizadas invirtiendo su opacidad hacia una graduación de tonalidad gris y analizadas mediante el programa de software Image-Pro Plus. El mismo permitió determinar y dibujar el perímetro circunferencial de los CSE utilizando el software Adobe Photoshop 9.0 (Fig. 3). Se midieron en  $\text{mm}^2$  el área total de los CSE y su perímetro circunferencial a 1, 5 y 10 mm de la LT expresado este último como porcentaje de circularidad. Finalmente se obtuvieron los resultados promedio y los desvíos estándar correspondientes para cada uno de los niveles preestablecidos. Para la comparación de las áreas transversales y el porcentaje de circu-

laridad en ambos grupos luego de la instrumentación se utilizó ANOVA con medidas repetidas y el test de comparación múltiple de Tukey con un nivel de significación de  $p < 0.05$ . Se utilizó también ANOVA con medidas repetidas con el objeto de observar si hubo diferencias significativas entre dos de los factores analizados (distancia de la LT [1, 5 y 10 mm] y el área total de los CSE). Un tercer factor (tipo de instrumento utilizado) fue analizado mediante ANOVA para comprobar si hubo diferencias significativas entre ambos grupos con un nivel de significación de  $p < 0.05$ .

**Resultados**

En cuatro casos pertenecientes al Grupo PTRS se observó un bloqueo producido por limallas y restos de acrílico donde los instrumentos F #2 y F #3 presentaron ocasionalmente alguna dificultad para llegar con facilidad a la LT. Este problema fue observado en sólo dos casos del Grupo TiAET. Los resultados promedio del área total de los CSE antes y luego de la instrumentación para cada grupo se observan en el Cuadro 1. La comparación de las áreas totales de todos los CSE antes de la instrumentación no reveló diferencias significativas entre los mismos ( $p > 0.05$ ). En el Grupo PTRS el área total de los CSE luego de la instrumentación fue significativamente superior que en el Grupo TiAET ( $p < 0.05$ ) con una tendencia a remover más resina de las paredes de los CSE hacia la parte interna de la curva y un área de transportación mayor hacia la parte externa de la misma a nivel de la LT. Por el contrario, los CSE instrumentados con TiAET revelaron una tendencia a remover más resina hacia la zona externa de la curva con un área de transportación menor a nivel de la LT.

En la Fig. 3, se observan en columnadas verticalmente las imágenes microscópicas obtenidas de cada grupo a 1, 5 y 10 mm de la LT luego de la instrumentación. Los resultados pro-

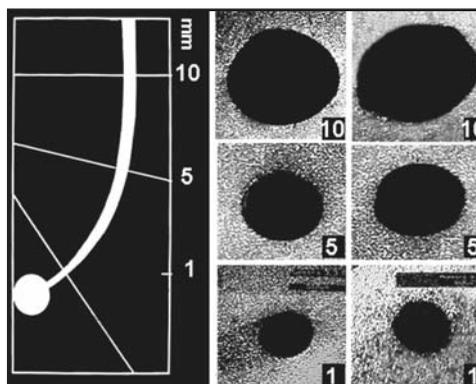


Fig. 3. Izquierda: Dibujo esquemático de un bloque de acrílico (no en escala) conteniendo un CSE donde se observan las secciones transversales realizadas en forma perpendicular a su eje mayor a 1, 5 y 10 mm de la LT representado por el extremo más apical del conducto (de: Banegas et al. Rev Asoc Odont Argent, 2000;88:269-72). Centro: Secciones pertenecientes a los CSE instrumentados con TiAET (magnificación original X25) Derecha: Secciones pertenecientes a los CSE instrumentados con PTRS (magnificación original X25). Los números 1, 5 y 10 representan (en mm) las distancias de la LT en que fueron realizadas las secciones transversales. En cada una de las secciones, las áreas de color negro representan el área total instrumentada (en mm<sup>2</sup>) y su perímetro, el porcentaje de circularidad obtenido luego de la instrumentación.

medio de las áreas transversales instrumentadas en cada uno de los tres niveles preestablecidos se observan en el Cuadro 2. En ambos grupos, ANOVA reveló un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) para cada uno de los factores analizados, así como también para su interacción. La comparación de las áreas transversales entre am-

CUADRO I. RESULTADOS PROMEDIO (EN MM <sup>2</sup> ) DE LAS ÁREAS TOTALES DE LOS CSE			
Grupo	n	Área promedio sin instrumentar	Área promedio instrumentada
Grupo PTRS	10	11.806 (0.97)	20.545 (1.35)
Grupo TiAET	10	11.808 (0.98)	16.650 (0.42)

Números entre paréntesis: desvío estándar

CUADRO 2. RESULTADOS PROMEDIO DE LAS ÁREAS TRANSVERSALES (EN MM <sup>2</sup> ) REGISTRADAS ANTES Y DESPUÉS DE LA INSTRUMENTACIÓN A 1,5 Y 10 MM DE LA LT				
Distancia de la LT	Instrumentación con PTRS (n = 10)		Instrumentación con TiAET (n = 10)	
	Antes	Después	Antes	Después
1 mm	0.022 (0.001)	0.043 (0.002)	0.022 (0.001)	0.043 (0.002)
5 mm	0.036 (0.001)	0.105 (0.002)	0.036 (0.001)	0.106 (0.005)
10 mm	0.071 (0.001)	0.204 (0.003)	0.070 (0.001)	0.165 (0.003)

Números entre paréntesis: desvío estándar.

**CUADRO 3. RESULTADOS PROMEDIO DEL PORCENTAJE DE CIRCULARIDAD REGISTRADO ANTES Y DESPUÉS DE LA INSTRUMENTACIÓN A 1, 5 Y 10 MM DE LA LT**

Distancia de la LT	Instrumentación con PTRS (n = 10)		Instrumentación con TiAET (n = 10)	
	Antes	Después	Antes	Después
1 mm	88.80 %	72.48 %	88.80 %	75.30 %
5 mm	88.80 %	70.85 %	88.80 %	78.10 %
10 mm	89.68 %	60.03 %	89.69 %	83.85 %

Los grupos no demostró diferencias significativas a 1 y 5 mm de la LT. Por el contrario, a 10 mm de la LT, las áreas transversales instrumentadas y en consecuencia la cantidad de acrílico removida de las paredes de los CSE en el Grupo PTRS fueron significativamente mayores ( $p < 0.01$ ). Los porcentajes promedio de circularidad pueden observarse en el Cuadro 3. La comparación de los mismos mostró una interacción significativa ( $p < 0.01$ ) entre los dos factores analizados (grupos y distancia [1, 5 y 10 mm] de la LT). El test de Tukey reveló diferencias significativas entre ambos grupos ( $p < 0.05$ ).

**Discusión**

El propósito del presente estudio fue investigar la cantidad de resina acrílica removida de las paredes de CSE curvos (expresada como la superficie total del área instrumentada) luego de la preparación con PTRS y TiAET. Un segundo objetivo fue analizar la superficie total de las áreas instrumentadas en las secciones transversales a tres diferentes distancias de la LT y la conformación perimetral de los CSE (expresada como porcentaje de circularidad). Los CSE de medidas estandarizadas incluidos en bloques de resina acrílica han sido utilizados con mucha frecuencia para la investigación de las alteraciones producidas durante la instrumentación.<sup>3,14,22,26,27</sup> Desde el punto de vista experimental han demostrado poseer ciertas ventajas sobre los conductos radiculares pertenecientes a dientes naturales extraídos.<sup>28</sup> El modelo utilizado para analizar la superficie total de los CSE antes y luego de la instrumentación ha sido ya utilizado previamente por Zmener y Banegas (1996),<sup>14</sup> Thompson y Dummer (1998),<sup>15</sup> y Da Silva et al. (2009).<sup>22</sup> El estudio de la superficie total de los CSE y del porcentaje de circularidad en las secciones transversales luego de la instrumentación se basó fundamentalmente en un trabajo preliminar preparatorio para esta experiencia<sup>29</sup> en el cual se analizaron 30 CSE de la misma fuente (Nissin Corporación) de medidas similares a los utilizados en el presente trabajo. Los resultados del estudio preliminar<sup>29</sup> revelaron un porcentaje de circularidad promedio a 1, 5 y 10 mm de la

LT de 88,80%, 88,80% y 89,67% respectivamente, no observándose diferencias significativas entre los tres niveles analizados. Los CSE presentaron una curvatura en una sola dirección y sin alteraciones a lo largo de todo su recorrido. Las secciones transversales promedio a 1, 5 y 10 mm de la LT (datos no publicados) fueron de 0,022 mm<sup>2</sup>, 0,036 mm<sup>2</sup> y 0,070 mm<sup>2</sup> respectivamente. La comparación de los porcentajes de circularidad y las dimensiones de las secciones transversales analizadas en la experiencia preliminar<sup>29</sup> y las obtenidas en los CSE sin instrumentar del presente trabajo no reveló diferencias significativas, lo que demostró un alto grado de estandarización y confiabilidad de los CSE para el desarrollo experimental del presente trabajo. Coincidiendo con los resultados de Da Silva et al. (2009),<sup>22</sup> estas observaciones permitieron a su vez estandarizar los grupos y comparar de esta forma la acción de diferentes instrumentos y/o técnicas de instrumentación con las medidas originales de los CSE antes de la instrumentación. Queda claro que los métodos utilizados y los objetivos perseguidos en este trabajo no serían posibles de realizar en conductos radiculares naturales a causa de la gran variabilidad de su morfología. Por otra parte, el uso de CSE tiende a eliminar una serie de variables difíciles de controlar cuando se utilizan dientes naturales extraídos. Sin embargo, los CSE presentan ciertas limitaciones. De acuerdo con lo informado por Da Silva et al. (2009),<sup>22</sup> si bien la dureza superficial de la resina acrílica no parece ser demasiado diferente a la de la dentina, la instrumentación de CSE incluidos en bloques de resina no representa adecuadamente la acción real de los instrumentos en conductos radiculares de dientes naturales.<sup>14,15,22</sup> Otro de los inconvenientes a considerar cuando se preparan los CSE con instrumentos mecanizados sin suficiente irrigación es la elevación de la temperatura intraconducto. Esto puede a su vez reblandecer la resina, razón por la cual en este trabajo se utilizaron cantidades abundantes y no controladas de agua destilada para la irrigación.

Es posible suponer que la comparación entre ambos grupos en los tres niveles preestableci-

dos permite investigar la cantidad de resina removida de las paredes laterales de los CSE expresada como superficie total de los mismos y qué porcentaje de la circularidad original se mantiene luego de la instrumentación. De acuerdo con las observaciones previamente descritas<sup>29</sup> y con el protocolo utilizado, las variaciones de la medida de las áreas transversales o de la circularidad originales de los CSE establecidas a 1, 5 y 10 mm de la LT podrían ser consideradas como transporte y/o variación de la morfología original de los mismos. En los dientes naturales, las áreas transversales sin instrumentar no son totalmente circulares y regulares a lo largo de toda la longitud del conducto radicular,<sup>4</sup> y los instrumentos se mueven generalmente hacia las paredes laterales y los extremos polares para preparar y limpiar las paredes dentinarias en forma adecuada. Cuando se compararon los resultados obtenidos en las etapas 1 y 2 del presente estudio, resultó interesante comprobar que en las secciones transversales no se registraron diferencias significativas entre PTRS y TiAET a 1 y 5 mm de la LT mientras que el análisis de la superficie instrumentada a lo largo de los 17 mm de la longitud total de los CSE permite detectar visualmente que PTRS produjo una transportación mayor, especialmente a nivel de la LT. Esto revela claramente las diferencias que surgen cuando se comparan los resultados de ambos procedimientos. Cuando se utilizan imágenes en dos planos de la longitud total de los CSE pre y postinstrumentación superpuestas,<sup>3,14,22,30</sup> la falta de la tercera dimensión puede inducir a una interpretación errónea de los resultados. En ese sentido, Abou-Rass et al. (1980)<sup>6</sup> indicaron que el concepto tridimensional del espacio del conducto radicular es un aspecto que debería ser siempre considerado durante la instrumentación. El uso complementario de las secciones transversales permite introducir el tercer plano faltante y comparar la configuración de los CSE en la totalidad de su contorno e interpretar los resultados de circularidad obtenidos de una manera más precisa.<sup>29</sup>

De acuerdo con las instrucciones del fabricante,<sup>20</sup> la preparación del tercio apical con TiAET debe realizarse mediante las limas manuales de NiTi hasta un número cinco veces mayor que el instrumento inicialmente utilizado hasta la LT que en todos los especímenes instrumentados con TiAET fue una lima ISO #15. Sin embargo, en este trabajo la preparación final del tercio apical en el Grupo TiAET se limitó al tamaño de un instrumento apical ISO #30. Esto fue realizado con el objeto de asegurar la estandarización del diámetro de la preparación en el tercio apical y a nivel de la LT para ambos grupos, ya que el instrumento F #3 del sistema

PTRS se corresponde con una lima ISO #30 en su punta. Los resultados obtenidos luego de la instrumentación sugieren que los instrumentos del sistema TiAET revelan una cierta tendencia a producir preparaciones circulares dentro de los límites de los CSE a 1 y 5 mm de la LT. En cambio, PTRS sólo presentó esa característica a 1 mm de la misma.

El hallazgo de que el uso de PTRS presentó bloqueos con mayor frecuencia o que removió significativamente más resina que TiAET a 10 mm de la LT no fue totalmente inesperado. Trabajos anteriores en CSE,<sup>31,32</sup> o en dientes naturales extraídos,<sup>18,19</sup> han demostrado que el volumen de material removido por PTRS fue significativamente superior al de otros instrumentos rotatorios de NiTi. En consecuencia, el mayor volumen de resina removida de las paredes radiculares y la acumulación de residuos plásticos podrían ser la razón principal del frecuente bloqueo observado en el Grupo PTRS. Con respecto a las diferencias observadas entre PTRS y TiAET a 10 mm de la LT, los resultados obtenidos tienden a confirmar los hallazgos de otros investigadores<sup>17, 33-35</sup> quienes han demostrado una tendencia de los instrumentos S #1, S #2 y F #3 a remover excesiva cantidad de dentina en los tercios medio y coronario, especialmente hacia la pared interna de los conductos radiculares. Esto coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio, lo cual representa (en dientes naturales) la zona de peligro correspondiente a la furcación.<sup>33</sup> Esto podría deberse a que los instrumentos S #1, S #2 y F #3 del sistema PTRS presentan una gran conicidad, lo cual a su vez podría ser responsable de la transportación producida.<sup>17,36</sup> Nuestras observaciones concuerdan con las de Versiani et al. (2008)<sup>37</sup> y Martins et al. (2010).<sup>35</sup> Versiani et al. (2008)<sup>37</sup> informaron que los instrumentos del sistema PTRS remueven significativamente más dentina en el tercio coronario que en el tercio apical. Por su parte, Martins et al. (2010)<sup>35</sup> sugirieron que a pesar de que los instrumentos F #1 y F #2 del sistema PTRS fueron desarrollados para conformar el tercio apical también tienden a expandir la forma original del conducto radicular en el tercio coronario.

El lapso de tiempo en que los instrumentos F #1, F #2 y F #3 estuvieron en contacto con las paredes de los CSE constituye otro dato a tener en cuenta. De acuerdo con investigaciones previas,<sup>34,38</sup> estos instrumentos no deberían utilizarse por más de 1 segundo una vez alcanzada la LT. A pesar de que durante los procedimientos operatorios los instrumentos fueron utilizados de acuerdo con esa norma, este lapso de tiempo no fue estrictamente controlado en los casos que presentaban bloqueo del conducto, los que requirieron de la recapitulación y la reutilización de los instrumentos precedentes. Esto a su vez podría ser otro factor

de influencia sobre la agresividad demostrada por los instrumentos del sistema PTRS. Debe tenerse en cuenta que la preparación final del tercio apical en los especímenes del Grupo TiAET fue realizada con limas de NiTi manuales de conicidad .02. En ese sentido, los resultados del presente estudio tienden a confirmar las observaciones de Chan y Cheung (1996)<sup>39</sup> y Bishop y Dummer (1997),<sup>40</sup> quienes sugirieron que el uso de limas de NiTi operadas manualmente resulta ser seguro y efectivo para producir una conformación final menos agresiva en el tercio apical de conductos curvos en dientes naturales<sup>39</sup> o en CSE.<sup>40</sup>

A pesar de que el tiempo necesario para preparar los CSE de ambos grupos no fue registrado, es nuestra impresión que los procedimientos operatorios requeridos para el uso de los instrumentos del sistema TiAET fueron simples y requieren de un tiempo similar al del sistema PTRS. En ambos grupos experimentales no se produjeron fracturas de los instrumentos, lo cual podría deberse a que los mismos fueron descartados luego del primer uso en cada CSE, aunque también estos resultados pudieron ser influenciados por el uso coadyuvante del gel hidrosoluble que actuó como lubricante durante la instrumentación. Sin embargo, y a pesar de la ausencia de fracturas, resulta interesante considerar las observaciones de Martins et al. (2010)<sup>35</sup> y Zmener y Giménez (2010),<sup>41</sup> quienes detectaron microfracturas, escoriaciones, aplanamientos y rayaduras sobre la superficie de instrumentos de los sistemas PTRS<sup>35,41</sup> y TiAET<sup>41</sup> utilizados una sola vez en CSE cuando fueron analizados por medio de microscopía electrónica de barrido. Dado que estos defectos pueden constituir un paso previo a la producción de fracturas, las observaciones realizadas<sup>35,41</sup> sugieren proceder con cautela en cuanto al número de usos a que son sometidos los instrumentos durante los procedimientos operatorios en la clínica diaria.

### Conclusiones

Tomando en consideración las limitaciones de este estudio, los resultados sugieren que la performance del sistema TiAETS puede compararse favorablemente con la del sistema PTRS, demostrando una capacidad aceptable para la instrumentación y conformación de CSE a 1 y 5 mm de la LT, mientras que PTRS tiende a remover una mayor cantidad de resina a 10 mm de la LT. Sin embargo, debería tenerse en cuenta que el presente trabajo fue realizado en CSE contenidos dentro de bloques de resina acrílica, los cuales no presentan la gran variabilidad morfológica interna de los conductos radiculares naturales. Por lo tanto, los resultados obtenidos deberían interpretarse con cautela y su extrapolación hacia un contexto clínico aún requiere de investigaciones más exhaustivas en dientes naturales.

### Bibliografía

- Hülsmann M, Peters OA, Dummer PMH. **Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means.** *Endod Topics* 2005;10:30-76.
- Schilder H. **Cleaning and shaping the root canal.** *Dent Clin N Am* 1974;18:269-96.
- Alodeh MHA, Dummer PMH. **A comparison of the ability of K-files and Hedstrom files to shape simulated root canals in resin blocks.** *Int Endod J* 1989;22:226-35.
- Weine FS, Kelly RF, Lio PJ. **The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape.** *J Endod* 1975;1:255-62.
- Green KJ, Krell KV. **Clinical factors associated with ledged canals in maxillary and mandibular molars.** *Oral Surg* 1990;70:490-7.
- Abou-Rass M, Frank AL, Glick DH. **The anticurvature filing method to prepare the curved root canal.** *J Am Dent Assoc* 1980;101:792-4.
- Goerig AC, Michelich RJ, Schult HH. **Instrumentation of root canals in molars using the step-down technique.** *J Endod* 1982;8:550-4.
- Roane JB, Sabala CL, Duncannson MG. **The balanced force concept for instrumentation of curved canals.** *J Endod* 1985;11:203-11.
- Saunders WP, Saunders EM. **Effect of non-cutting tipped instruments on the quality of root canal preparation using a modified double-flared technique.** *J Endod* 1992;18:32-6.
- Portenier I, Lutz F, Barbakow F. **Preparation of the apical part of the root canal by the LightSpeed and step-back techniques.** *Int Endod J* 1998;31:103-11.
- Pettiet MT, Delano E, Trope M. **Evaluation of success rate of endodontic treatment performed by students with stainless-steel K-files and nickel-titanium hand files.** *J Endod* 2001;27:124-7.
- Glosson CR, Haller RH, Dove SB, del Rio CE. **A comparison of root canal preparations using Ni-Ti hand, Ni-Ti engine driven and K-Flex endodontic instruments.** *J Endod* 1995;21:146-51.
- Calberson FL, Deroose CAJ, Hommez GM, De Moor RJ. **Shaping ability of ProTaper nickel-titanium files in simulated resin root canals.** *Int Endod J* 2004;37:613-23.
- Zmener O, Banegas G. **Comparison of three instrumentation techniques in the preparation of simulated curved root canals.** *Int Endod J* 1996;29:315-9.
- Thompson SA, Dummer PMH. **Shaping ability of Quantec Series 2000 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals: Part 1.** *Int Endod J* 1998;31:259-67.
- Peters OA. **Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review.** *J Endod* 2004;30:559-67.

17. Paqué F, Musch U, Hülsmann. **Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary NiTi instruments.** *Int Endod J* 2005;38:8-16.
18. Uyanik OM, Cehreli CZ, Mocan OB, Dagli TF. **Comparative evaluation of three nickel-titanium instrumentation systems in human teeth using computed tomography.** *J Endod* 2006;32:668-71.
19. Mahran AH, AboEl-Fotouh MM. **Comparison of effects of ProTaper, HeroShaper, and Gates Glidden burs on cervical dentin thickness and root canal volume by using multislice computed tomography.** *J Endod* 2008;34:1219-22.
20. Leonardo RT, Tuttle RD, Baghoomian I. **Avoiding the incidence of fractures.** *Endod Pract* 2010;13:44-5.
21. Bramante CM, Betti LV. **Comparative analysis of curved root canal preparation using nickel-titanium instruments with or without EDTA.** *J Endod* 2000;26:278-80.
22. Da Silva KT, Grazziotin-Soares R, Irala LED, Salles AA. **Wear promoted in the apical third of simulated canals after instrumentation with ProTaper Universal system.** *J Appl Oral Sci* 2009;17:501-7.
23. Seidler B. **Root canal fillings. An evaluation and method.** *J Am Dent Assoc* 1956;53:567-76.
24. Schneider SW. **A comparison of canal preparations in straight and curved canals.** *O Surg O Med O Pathol* 1971;32:271-5.
25. Micro-Mark Co. **Internet Store, USA.** Catalog for users [www.micromark.com/](http://www.micromark.com/)
26. Al-Omari MAO, Dummer PMH, Newcombe RG. **Comparison of six endodontic files to prepare simulated root canals. Part 1.** *Int Endod J* 1992;25:57-66.
27. Griffiths IT, Bryant ST, Dummer PMH. **Canal shapes produced sequentially during instrumentation with Quantec LX rotary nickel-titanium instruments: a study in simulated canals.** *Int Endod J* 2000;33:346-54.
28. Lim KC, Webber J. **The validity of simulated canal preparation on the shape of the curved root canal.** *Int Endod J* 1985;18:240-6.
29. Banegas G, Zmener O, Grimberg F, Chiacchio L. **Conductos radiculares artificiales: Análisis de su confiabilidad para el estudio de diferentes técnicas de instrumentación.** *Rev Asoc Odontol Argent* 2000;88:269-272.
30. Al-Omari MAO, Dummer PMH, Newcombe RG. **Comparison of six endodontic files to prepare simulated root canals. Part 2.** *Int Endod J* 1992;25:67-81.
31. Yun H, Kim SK. **A comparison of the shaping abilities of 4 nickel-titanium rotary instruments in simulated root canals.** *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;95:228-33.
32. Yoshimine Y, Ono M, Akamine A. **The shaping effects of three nickel-titanium rotary instruments in simulated S-shaped canals.** *J Endod* 2005;31:373-5.
33. Bergmans L, Van Cleyenenbreugel J, Beulens M, Weyers M, Van Meerbeek B, Lambrechts P. **Progressive versus constant tapered shaft design using NiTi rotary instruments.** *Int Endod J* 2003;36:288-95.
34. Al-Omari MAO, Bryant ST, Dummer PMH. **The shaping ability of ProTaper rotary nickel-titanium instruments (Abstract).** *Int Endod J* 2003;36:933.
35. Martins RC, Bahia MGA, Buono VTL. **Geometric and dimensional characteristics of simulated curved canals prepared with ProTaper instruments.** *J Appl Oral Sci* 2010;18:44-9.
36. Zhang L, Luo H, Zhou X, Tan H, Huang D. **The shaping effect of the combination of two rotary nickel-titanium instruments in simulated S-shaped canals.** *J Endod* 2008;34:456-8.
37. Versiani MA, Pascon EA, de Sousa CJ, Borges MA, Sousa-Neto MD. **Influence of shaft design on the shaping ability of 3 nickel-titanium rotary systems by means of spiral computerized tomography.** *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;105:807-13.
38. Loizides AL, Kakavetsos VD, Tzanetakakis GN, Kontakiotis EG, Eliades G. **A comparative study of the effects of two nickel-titanium preparation techniques on root canal geometry assessed by microcomputed tomography.** *J Endod* 2007;33:1455-9.
39. Chan AWK, Cheung GSP. **A comparison of stainless steel and nickel-titanium K-files in curved root canals.** *Int Endod J* 1996;29:370-5.
40. Bishop K, Dummer PMH. **A comparison of stainless steel Flexofiles and nickel-titanium NiTiFlex files during the shaping of simulated canals.** *Int Endod J* 1997;30:25-34.
41. Zmener O, Giménez D. **Incidence of surface defects on ProTaper and TiLOS engine driven instruments after single use during preparation of simulated curved root canals: A scanning electron microscopic study.** *Endod Pract* 2010 (en prensa).

#### Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Dr. Daniel Grana y al Sr. Dante Giménez por su colaboración técnica.

#### Dirección del autor

Julián Álvarez 2335, 3º D  
(1425) Ciudad Autónoma de Buenos Aires  
e-mail: osvaldo@zmener.com.ar