



## Evaluación de la lima Proglider para crear una vía de deslizamiento en conductos curvos usando tomografía computerizada de haz cónico

### *Evaluation of proglider file for creating a glide path in root canal preparation of curved canals by using cone-beam computed tomography*

E. Berástegui<sup>1</sup>, M.L. Ballester-Palacios<sup>2</sup>, X. Rivas-Frau<sup>3</sup>, M. Mercade<sup>4</sup>, C. Canalda<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Profesora Titular, Universidad de Barcelona. Directora del Master de Endodoncia Clínica Avanzada y experimental. Investigadora del Instituto IDIBELL Barcelona. <sup>2</sup>Profesora Asociada, Universidad de Barcelona. Profesora del Master de Endodoncia Clínica Avanzada y experimental. Investigadora del Instituto IDIBELL Barcelona. <sup>3</sup>Master de Endodoncia Clínica Avanzada y experimental, Universidad de Barcelona. <sup>4</sup>Profesora Asociada, Universidad de Barcelona. Profesora del Master de Endodoncia Clínica Avanzada y experimental. <sup>5</sup>Catedrático, Universidad de Barcelona. Coordinador del Master de Endodoncia Clínica Avanzada y experimental. Investigador del Instituto IDIBELL Barcelona.

**Correspondencia:** M. Lluïsa Ballester-Palacios, Universidad de Barcelona, c/ Feixa Llarga s/n, 08907 Hospitalet de Llobregat (Barcelona). E-mail: marisaballester@gmail.com

#### RESUMEN

**Objetivo:** El objetivo de este estudio fue evaluar la eficacia y la rapidez de la lima rotatoria ProGlider (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) para crear una vía de deslizamiento en el conducto radicular *versus* PathFile (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) y Race ISO 10 (FKG Dentaire, Le Chaux-de-Fonds, Suiza) mediante el uso del CBCT.

**Material y método:** Se seleccionaron sesenta conductos mesiales de molares mandibulares humanos extraídos con ángulos de curvatura entre 25-60°. Éstos fueron distribuidos aleatoriamente en tres grupos (n = 20) de acuerdo con el sistema de instrumentación del conducto: PathFile 13/02; 16/02; 19/02 (grupo PF); RaCe ISO 10 10/02; 10/04; 10/06 (grupo RI), y ProGlider 16/02 (grupo PG). Se utilizó CBCT antes y después de la instrumentación y el software AutoCAD para determinar el transporte apical y los cambios en el ángulo de curvatura. También se midió el tiempo de trabajo de cada sistema.

**Resultados:** No se encontraron diferencias significativas en los cambios en el ángulo de curvatura (p = 0,076) ni en el transporte apical (p = 0,42) entre los tres grupos. ProGlider requirió significativamente menos tiempo de trabajo.

**Conclusiones:** ProGlider creó la vía de deslizamiento y el mantenimiento de la anatomía del conducto original en menos tiempo en comparación con PathFile y RaCe ISO 10. Los tres sistemas fueron igualmente efectivos en el mantenimiento de la anatomía del conducto radicular.

#### PALABRAS CLAVE

Instrumentos rotatorios de níquel-titanio; ProGlider; tomografía computerizada de haz cónico; transporte apical; vía de deslizamiento.

#### ABSTRACT

**Objective:** The aim of this study was to evaluate the efficacy of three the rotary path file systems by comparing maintenance of the original canal shape (using Cone-Beam Computed Tomography) and evaluating the working time.

**Methods:** Sixty mandibular molar mesial root canals with curvature angles of 25-60° were selected and randomly assigned to three groups (n=20): Pathfile #13/02-16/02-19/02 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) (PF group); RaCe ISO 10 #10/02-10/04-10/06 (FKG Dentaire, Le Chaux-de-Fonds, Switzerland). (RI group); ProGlider #16/02 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) (PG group). CBCT and AutoCAD software were used to determine apical transportation and changes to the curvature angle. The working time of each system was also measured.

**Results:** No statistically significant differences in canal curvature angle (p = 0,076) and apical transportation (p = 0,42) were found between the groups. Canals instrumented with ProGlider file required significantly less working time.

**Conclusions:** The ProGlider file created the glide path maintaining the original canal anatomy in less time. The original anatomy of canals was maintained by all three rotary techniques.

#### KEY WORDS

Nickel-titanium rotary instruments; ProGlider; cone-beam computed tomography; canal transportation; glide path.

## INTRODUCCIÓN

Una de las fases más importantes de la endodoncia es la desinfección y conformación del conducto radicular<sup>(1-3)</sup>. La creación de una vía de deslizamiento ha sido ampliamente recomendada como una fase obligatoria para mejorar la seguridad y la eficiencia de los instrumentos rotatorios de níquel-titanio (NiTi).

La vía de deslizamiento en endodoncia se ha definido como un túnel liso desde el orificio del conducto en la cámara pulpar hasta su final fisiológico<sup>(4)</sup>. Durante la instrumentación, la ampliación del tercio coronal y la preinstrumentación son los primeros pasos para producir una vía de deslizamiento que evitará el bloqueo del conducto, las deformaciones del mismo, la fractura de instrumentos<sup>(5-9)</sup> y también reducirá el dolor postoperatorio<sup>(10)</sup>.

La utilización de instrumentos rotatorios de níquel-titanio (Ni-Ti) para la conformación del conducto radicular reduce la fatiga del operador, el tiempo de conformación del conducto y el riesgo de errores de procedimiento. En el caso de conductos curvos y crear una vía de deslizamiento es un procedimiento más complejo<sup>(4,5,11-15)</sup>. Para ayudar a superar esta dificultad se han desarrollado nuevos sistemas rotatorios de Ni-Ti con un menor número de instrumentos para hacer la preparación más fácil y más rápida.

El sistema PathFile consta de tres instrumentos de Ni-Ti con tamaños apicales ISO de 13, 16 y 19, conicidad de 0,02 y una sección transversal cuadrada<sup>(8,15,17)</sup>. Estudios previos<sup>(6,16)</sup> sugieren que la instrumentación mecánica con instrumentos rotatorios PathFile es un método sencillo y no invasivo, lo que evita la fractura del instrumento en el interior del conducto siempre que no esté sujeto a una fuerza excesiva.

El sistema RaCe ISO 10 tiene tres limas convencionales de Ni-Ti con tamaño apical ISO de 10 y conicidades de 0,02, 0,04 y 0,06. La primera lima tiene una sección transversal cuadrada y las otras tienen secciones transversales triangulares<sup>(6,15,17)</sup>.

Recientemente, ha sido desarrollado un nuevo sistema específico para la realización de una vía de deslizamiento con un único instrumento, el sistema ProGlider. ProGlider está fabricado a partir de una aleación de Ni-Ti llamada M-wire (la cual mejora la flexibilidad del instrumento y la resistencia a la fatiga cíclica)<sup>(6,8,16)</sup>. ProGlider tiene una conicidad progresiva entre el 2% y el 8% a lo largo del instrumento y una sección transversal cuadrada con cuatro filos de corte<sup>(8,17)</sup>. Sin embargo, existe poca literatura acerca de este

## INTRODUCTION

Cleaning and shaping the root canal has been recognized as an important phase in endodontic therapy<sup>(1-3)</sup>. Glide path creation has been extensively recommended as a mandatory clinical step to improve the safety and efficiency of rotary nickel-titanium (NiTi) instruments.

The endodontic glide path has been defined as a smooth radicular tunnel from canal orifice to physiologic terminus<sup>(4)</sup>. During instrumentation, coronal enlargement and pre-flaring are the first steps to producing a glide path that will avoid taper lock, shaping aberrations, instrument fracture<sup>(5-9)</sup>, and reduce postoperative pain<sup>(10)</sup>. The introduction of nickel-titanium (Ni-Ti) rotary instruments for root canal shaping has been a positive development, reducing operator fatigue, shaping time, and the risk of procedural errors. However, when the root canal is curved, the endodontic preparation becomes more difficult<sup>(4-5,11-15)</sup>. To help overcome this difficulty, several new Ni-Ti rotary systems with fewer instruments have been developed to make preparation easier and faster.

The PathFile system consists of three conventional Ni-Ti instruments with ISO 13, 16 and 19 tip sizes, 0.02 taper and a square cross-section<sup>(8,15,17)</sup>. Previous studies<sup>(6,16)</sup> suggest that mechanical instrumentation with Pathfile rotary Ni-Ti instruments is an easy and non-invasive method, which avoids instrument fracture in the root canal providing it is not subject to excessive force.

The Race ISO 10 system has three conventional Ni-Ti files with ISO tip size 10 and 0.02, 0.04 and 0.06 tapers; the first file has a square cross section and the others have triangular cross sections<sup>(8,15,17)</sup>. Recently, a new system has been developed, the ProGlider (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Switzerland). ProGlider is a single-file rotary pathfinding system manufactured from M-wire Ni-Ti alloy to enhance instrument flexibility and cyclic fatigue resistance<sup>(6,8,16)</sup>. It has a progressive taper from 2-8% over its length and a square cross section with four cutting edges<sup>(8,17)</sup>. However, there is little published research into the ProGlider file in relation to canal transportation compared to other instruments.

The aim of this study was, therefore, to evaluate the effectiveness of ProGlider file for mechanical glide path preparation compared with Pathfile and Race ISO 10; assessing the maintenance of the original canal anatomy (degree of curvature and apical transportation) using Cone-Beam Computed Tomography (CBCT) and evaluating the time taken to create the glide path.

sistema en relación al transporte del conducto y comparativas con otros instrumentos.

El objetivo de este estudio fue evaluar la efectividad de ProGlider para la preparación de la vía de deslizamiento mecánica en comparación con PathFile y RaCe ISO 10; evaluar el grado de mantenimiento de la anatomía del conducto original (enderezamiento de la curvatura y transporte apical) utilizando tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), y evaluar el tiempo necesario para crear la vía de deslizamiento.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Preparación de la muestra

El estudio fue aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica del Hospital Odontológico de la Universidad de Barcelona (Barcelona, España). Se utilizaron molares mandibulares humanos con un ápice completamente formado y conductos mesiales curvos que no se habían sometido a un tratamiento de endodoncia previo. Después del desbridamiento de la superficie de la raíz con curetas, las muestras se sumergieron en una solución al 5% de hipoclorito sódico (NaOCl) durante 1 hora y después se almacenaron en solución salina hasta su uso. La raíz distal de cada diente y su parte coronal se eliminaron con un disco de diamante. Las cavidades de acceso se realizaron con una fresa redonda de alta velocidad n°4 (Dentsply Maillefer) y fueron remodeladas con una fresa Zekrya Endo (Dentsply Maillefer) bajo irrigación. Las raíces fueron colocadas en una plantilla construida con silicona de condensación (Zetaplus, Badia Polesine, Italia) con el fin de reproducir exactamente el mismo posicionamiento de la muestra para facilitar la comparación de las imágenes tomadas antes y después de la exploración radiológica de la raíz. Todos los dientes fueron analizados con CBCT (Planmeca ProMax 3D, Planmeca Oy, Helsinki, Finlandia) con las siguientes características: 90 kV, 10 mA, 15 segundos. Las imágenes digitales de todas las muestras se obtuvieron y se guardaron como archivos de formato JPG. El software Adobe Photoshop CS6 (Adobe Systems Inc, San Jose, California, EE.UU.) fue usado para mejorar los bordes de las radiografías iniciales y finales. El ángulo de la curvatura del conducto se determinó de acuerdo con el método descrito por Schneider<sup>(18)</sup> utilizando un sistema de procesamiento digital de imágenes computarizado (AutoCAD 2007; Autodesk Inc, San Rafael, California,

## MATERIAL AND METHODS

### Specimen preparation

The study was approved by the Ethics Committee for Clinical Research at the University of Barcelona Dental Hospital (Barcelona, Spain). The study used human mandibular molars with a fully formed apex and curved mesial canals that had not undergone prior endodontic treatment. After debriding the root surface with scalers, specimens were immersed in a 5% solution of sodium hypochlorite (NaOCl) for 1 hour and then stored in saline solution until use.

The distal root of each tooth and its coronal portion was removed with a diamond disk. Access cavities were created with a #4 round high-speed bur (Maillefer) and remodeled with a Zekrya Endo bur (Dentsply Maillefer) with water spray. The roots were embedded in a jig constructed with condensation silicone (Zetaplus, Badia Polesine, Italy) in order to reproduce exactly the same sample positioning to facilitate comparison of images taken before and after root scanning. All teeth were scanned by CBCT (Planmeca ProMax 3D, Planmeca Oy, Helsinki, Finland) with the following characteristics: 90 kV, 10 mA, 15 seconds. Digital images of all specimens were obtained and saved as JPG format files. Adobe Photoshop CS6 software (Adobe Systems Inc, San Jose, CA, USA) was used to enhance the edges of the initial and final radiographs. The angle of the canal curvature was determined according to the method described by Schneider<sup>(18)</sup> using a computerized digital image processing system (AutoCAD 2007; Autodesk Inc, San Rafael, CA, USA). The study included canals with angles of curvature ranging between 25 and 60 degrees and mesiobuccal or mesiolingual canals that did not communicate with one another. A total of 60 canals were included in the study and the specimens were randomly assigned to three different groups (n = 20) using a random numbers table. Each group underwent instrumentation by a one of the following systems: Group PF (Pathfile), group RI (Race ISO 10) and group PG (ProGlider).

### Root canal instrumentation

All canals were first instrumented with a #10 stainless steel manual K-file (Dentsply Maillefer). A 10 K-file was placed into the canal until it was visible at the apical foramen under microscopic observation (Olympus SZ61, Tokyo, Japan) at 20x magnification;

EE.UU.). El estudio incluyó 60 conductos radiculares mesioves-tibulares o mesiolinguales con ángulos de curvatura entre 25 y 60 grados que no se comunicaban entre sí. Las muestras fueron asignadas aleatoriamente en tres grupos diferentes (n = 20) utilizando una tabla de números aleatorios. Cada grupo fue sometido a la instrumentación por uno de los siguientes sistemas: grupo PF (PathFile), grupo RI (RaCe ISO 10) y el grupo PG (ProGlider).

### Instrumentación de conducto radicular

Todos los conductos fueron instrumentados en primer lugar con una lima K manual de acero inoxidable n°10 (Dentsply Maillefer). La lima K n°10 se colocó en el conducto hasta que fue visible por el foramen apical con observación microscópica (Olympus SZ61, Tokio, Japón) a 20 aumentos; la longitud de trabajo (LT) se estableció sustrayendo 0,5 mm de la longitud en la que la punta de la lima se visualizaba por apical.

- Grupo PF: la vía de deslizamiento mecánica se realizó usando PathFile 13/02, 16/02 y 19/02 de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- Grupo RI: la vía de deslizamiento mecánica se realizó usando RaCe ISO 10 10/02, 10/04 y 10/06 de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- Grupo PG: la vía de deslizamiento mecánica se ha creado usando ProGlider 16/02 lima rotatoria de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

Se utilizó el motor eléctrico X-Smart Plus (Dentsply Maillefer) con un contraángulo a 16: 1 a la velocidad y el torque recomendado por cada fabricante.

Después de cada cambio de instrumento, se irrigó con 2 ml de NaOCl al 5% utilizando una jeringa con la aguja insertada en el conducto radicular sin presión excesiva. Cada instrumento se descartó después de tres usos.

### Evaluación del transporte apical y del ángulo de curvatura final

Las raíces instrumentadas fueron reposicionadas en la plantilla de silicona, y se realizaron CBCT postoperatorios aplicando los mismos parámetros que en el registro previo a la instrumentación. Las imágenes digitales se guardaron en formato JPG y se procesaron como se describió anteriormente. Las imágenes se

the working length (WL) was established by subtracting 0.5 mm from the length at which the file tip extruded apically.

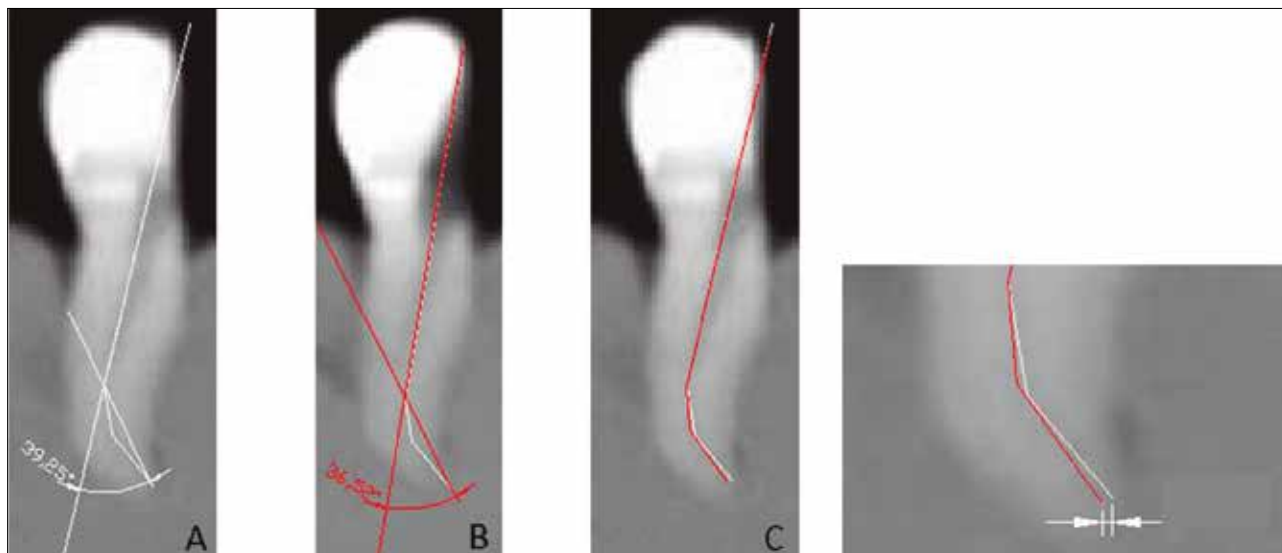
- Group PF: the mechanical glide path was created using Pathfile #13/02, #16/02 and #19/02 according to the manufacture's recommendations.
- Group RI: the mechanical glide path was created using Race ISO 10 #10/02, #10/04 and #10/06 rotary files according to the manufacture's recommendations.
- Group PG: the mechanical glide path was created using ProGlider #16/02 rotary file according to the manufacture's recommendations.

Ni-Ti rotary files were driven by an X-Smart Plus electric motor (Dentsply Maillefer) with a 16:1 contra-angle at the speed and torque determined by each manufacturer's recommendations. After each instrument change, irrigation with 2 mL NaOCl was performed using a syringe with a plastic needle inserted as far as possible into the root canal without excessive pressure. Each instrument was discarded after 3 uses.

### Assessment of root canal preparation

The instrumented roots were repositioned in the acrylic jig, and postoperative CBCT scans were taken applying the same parameters as at the pre-instrumentation scan. The digital images were saved in JPG format and processed as described previously. Images were transferred to AutoCAD 2007 software in order to superimpose the preoperative and postoperative canal images. This made it possible to calculate the changes to the angle of curvature and the evaluation of apical transportation. The difference between the preoperative and postoperative angle of curvature was calculated. The distance between the pre- and postinstrumentation file tips at the working length was measured, and this measurement was assumed as the extent of the apical transportation (in millimeters) (Fig. 1).

The examiner who performed these calculations/assessments was blinded to each sample's group assignment. The working time (measured with a digital stopwatch) did not include instrumentation time with the #10 stainless steel manual K-file. It was calculated from the moment the first rotary file was introduced in the root canal, and including time taken to irrigate between instrument changes. The number of fractured instruments was also recorded.



**Figura 1.** Determinación del transporte apical. (A) Imagen preoperatoria. (B) Imagen postoperatoria. (C) Superposición de A y B y cálculo del transporte apical. Images from AutoCAD to determine the apical transportation. (A) Preoperative canal (B) Postoperative canal (C) Superimposition of A and B and apical transportation measurement.

transfirieron al software AutoCAD 2007 con el fin de superponer las imágenes de los conductos preoperatorios y postoperatorios. Se calculó la diferencia entre el ángulo preoperatorio y el postoperatorio de cada conducto. Para obtener el transporte apical, se midió la distancia a longitud de trabajo entre la punta de la lima preoperatoriamente y postoperatoriamente en milímetros (Fig. 1).

El examinador que realizó estas evaluaciones desconocía la asignación de cada muestra. El tiempo de trabajo fue medido con la ayuda de un cronómetro digital (el tiempo de instrumentación con la lima K manual de acero inoxidable n°10 fue excluido); este se calculó a partir del momento en que se introdujo la primera lima rotatoria incluyendo el tiempo tomado para irrigar entre los cambios de instrumento. El número de instrumentos fracturados fue registrado.

#### Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante el programa SPSS 22.0 IBM (Estadísticas Corp I. IBM SPSS para Windows. 22.0 ed. Armonk, Nueva York 2013). La media y la desviación estándar se determinaron para cada variable (tiempo de trabajo, cambios

#### Statistical analysis

Statistical analysis was performed using IBM SPSS 22.0. (Corp I. IBM SPSS Statistics for Windows. 22.0 ed. Armonk, NY 2013). Mean and standard deviations were determined for each variable (working time, changes in angle of curvature and apical transportation).

Visual inspection of quantile plots and Levene's test were used, respectively, to assess normality and homocedasticity among the groups. Angle of curvature and apical transportation showed normal distributions and were analyzed using the standard ANOVA procedures. Working time showed heterogeneity of variance and so Welch's test and Tamhane's post-hoc test were applied.

Pre-training was performed with five canals per group to minimize the risk of significant improvement in operator technical skill as canal instrumentation proceeded. Moreover, to evaluate the potential increase in canal instrumentation expertise during the study, a Spearman rank correlation test was done to assess the negative relationship between study progression and working time. For all the tests, statistical significance was set at  $P < 0.05$ .

**Tabla 1 Media y desviación estándar**

	<i>RaCe</i>	<i>PathFile</i>	<i>ProGlider</i>
Ángulo preoperatorio (grados)	36,46 ± 6,21	35,59 ± 7,45	35,50 ± 5,91
Ángulo postoperatorio (grados)	35,89 ± 6,07	35,66 ± 7,69	35,00 ± 6,28
Diferencia entre ángulos (grados)	0,98 ± 0,64	0,65 ± 0,47	1,08 ± 0,71
Transporte apical (mm)	0,07 ± 0,08	0,08 ± 0,04	0,16 ± 0,26
Tiempo de trabajo (min)	3,47 ± 0,37	3,28 ± 0,36	0,91 ± 0,07

**Table 1 Mean and Standard Deviations**

	<i>RaCe</i>	<i>PathFile</i>	<i>ProGlider</i>
Preoperative angle of curvature (degrees)	36.46 ± 6.21	35.59 ± 7.45	35.50 ± 5.91
Postoperative angle of curvature (degrees)	35.89 ± 6.07	35.66 ± 7.69	35.00 ± 6.28
Angle difference (degrees)	0.98 ± 0.64	0.65 ± 0.47	1.08 ± 0.71
Apical transportation (mm)	0.07 ± 0.08	0.08 ± 0.04	0.16 ± 0.26
Working time (min)	3.47 ± 0.37	3.28 ± 0.36	0.91 ± 0.07

en el ángulo de curvatura y transporte apical). Se utilizaron la inspección visual de las parcelas de cuartiles y el test de Levene, respectivamente, para evaluar la normalidad y homocedasticidad entre los grupos. El ángulo de curvatura y el transporte apical mostraron distribuciones normales y se analizaron mediante los procedimientos estándar ANOVA. El tiempo de trabajo mostró una heterogeneidad de la varianza y así se aplicó la prueba de Welch y prueba *post-hoc* de Tamhane. Se realizó un pre entrenamiento con cinco conductos por grupo para obtener una mejora en la habilidad técnica del operador durante la instrumentación. Por otra parte, para evaluar el posible aumento de la habilidad de instrumentación durante el estudio, se realizó una prueba de correlación de Spearman para la relación negativa entre la progresión de estudio y el tiempo de trabajo. Para todos los ensayos, la significación estadística se estableció en  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

La media y la desviación estándar de los valores se muestran en la tabla 1. No se encontraron diferencias significativas en los

## RESULTS

Mean and standard deviation values are shown in Table 1. No significant differences were found in changes to angle of curvature ( $P = 0.076$ ) and apical transportation ( $P = 0.42$ ) among the three groups. But working time did show significant differences between groups ( $P < 0.001$ ) and post-hoc tests revealed that specimens from the PG group showed significantly lower mean values compared with PF and RI groups, whereas the latter two groups did not show significant differences between them (Table 2). The Spearman rank correlation test showed a slight decrease in instrumentation time as the study progressed, with significance in the RI group ( $P = 0.036$ ) but not in the PG group ( $P = 0.19$ ) or PF group ( $P = 0.20$ ). One canal was lost during instrumentation as a result of instrument fracture (the #10/04 file; group RI).

## DISCUSSION

The aim of this study was to evaluate the maintenance of canal anatomy, the occurrence of apical transportation, and the working

**Tabla 2** *Post-hoc* comparativa entre los tres grupos analizados de la variable tiempo de trabajo

Comparación grupos		Diferencia de medias	Tamhane	IC 95%	
I (File)	J (File)	(I-J)	P value	Límite inferior	Límite superior
PathFile	ProGlider	2,4	< 0,001	2,6	2,2
RaCe	PathGile	0,2	0,31	-0,1	0,5
RaCe	ProGlider	2,6	< 0,001	2,3	2,8

**Table 2** *Post-hoc* comparative among 3 groups analyzed of working time variable

Groups Compared		Mean difference	Tamhane	IC 95%	
I (File)	J (File)	(I-J)	P value	Lower limit	Upper limit
PathFile	ProGlider	2.4	< 0.001	2.6	2.2
RaCe	PathFile	0.2	0.31	-0.1	0.5
RaCe	ProGlider	2.6	< 0.001	2.3	2.8

cambios en el ángulo de curvatura ( $p = 0,076$ ) ni en el transporte apical ( $p = 0,42$ ) entre los tres grupos. Pero en el tiempo de trabajo se observaron diferencias significativas entre los grupos ( $p < 0,001$ ) y las pruebas *post-hoc* revelaron que las muestras del grupo PG mostraron valores medios significativamente más bajos en comparación con los grupos PF y RI, mientras que los dos últimos grupos no mostraron diferencias significativas entre ellos (Tabla 2). La prueba de correlación de Spearman mostró una ligera disminución en el tiempo de instrumentación a medida que el estudio progresaba, con significación en el grupo RI ( $p = 0,036$ ), pero no en el grupo PG ( $p = 0,19$ ) o el grupo PF ( $p = 0,20$ ). Se fracturó un instrumento (lima 10/04; grupo RI).

## DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue evaluar el enderezamiento de la curvatura del conducto, el transporte apical y el tiempo de trabajo utilizando la lima ProGlider para crear una vía de deslizamiento en conductos radiculares curvos, y comparar los resultados con las limas RaCe ISO 10 y el sistema PathFile. Uno de los principales objetivos de la preparación del conducto radicular es aumentar

time when using the new ProGlider file to create a glide path for curved root canals, compared with the Race ISO 10 and Pathfile systems. One of the main objectives of root canal preparation is to increase the canal's apical-to-cervical taper while maintaining its original overall shape<sup>(1)</sup>. When curved specimens are used, the standard deviation of observations may increase and so some studies have used standardized artificial canals in training blocks to minimize this problem<sup>(6)</sup>. However, other study designs – including the present one – have been based on the premise that the benefit derived from testing file systems in the natural dentin of extracted teeth (therefore under more realistic conditions) is greater than the benefit derived from observing smaller standard deviations in artificial canals. For this reason the present study used natural teeth<sup>(5,14)</sup>.

Some researchers have argued that the evaluation of changes in canal shape after instrumentation is a sufficiently reliable process to make a viable assessment of the ability of a shaping technique to preserve the original canal shape<sup>(2,5,12,19-21)</sup>. However, radiographic technique only provides two-dimensional images and so it is impossible to observe and evaluate cross sections of the root canal<sup>(2,19,22)</sup>. The use of CBCT provides images of root canal morphology with higher resolution than those obtained using

la conicidad desde apical hasta coronal manteniendo su forma original<sup>(1)</sup>. Cuando se utilizan muestras con raíces curvas, la desviación estándar de las observaciones puede aumentar por lo que algunos estudios han utilizado canales artificiales estandarizados en bloques de resina para minimizar este problema<sup>(6)</sup>. Sin embargo, otros diseños de estudio, incluyendo el presente, se han basado en la premisa que el beneficio derivado de probar las limas en la dentina natural de los dientes extraídos es mayor que el beneficio derivado de la observación de desviaciones estándar más pequeñas en conductos artificiales. Por esta razón, en el presente estudio se utilizaron dientes naturales<sup>(5,14)</sup>.

La evaluación del enderezamiento de la curvatura del conducto después de la instrumentación es un proceso altamente estudiado para evaluar la capacidad de mantener la forma original del conducto con una técnica de conformación determinada<sup>(2,5,12,19-21)</sup>.

La técnica radiográfica habitual solo proporciona imágenes bidimensionales y no permite observar secciones transversales del conducto<sup>(2,19,22)</sup>. El uso de CBCT proporciona imágenes de la morfología del conducto radicular con mayor resolución que los obtenidos usando radiografía periapical y es una técnica no invasiva adecuada para la evaluación de las estructuras anatómicas<sup>(2,19,22)</sup>.

La creación de una vía de deslizamiento es una de las fases más importantes del tratamiento endodóncico. La introducción de instrumentos rotatorios de Ni-Ti ha hecho que sea más fácil dar forma a los conductos curvos gracias a su elasticidad. Cuando una lima de Ni-Ti se utiliza en un canal curvo, tiene tendencia a recuperar su forma original debido a su elasticidad, esto puede conducir a deformaciones como el transporte apical<sup>(9)</sup>. Nakagawa y cols.<sup>(15)</sup> concluyeron que los instrumentos rotatorios de Ni-Ti como PathFile o RaCe ISO10 tienen más flexibilidad en comparación con las limas K de acero inoxidable y podrían resultar una opción más eficaz para la creación de una vía de deslizamiento manteniendo la forma original de los conductos curvos. En otros estudios como el de Berutti y cols.<sup>(6)</sup> han analizado el mantenimiento de la anatomía en conductos radiculares simulados comparando el uso de limas K manuales y el sistema PathFile, y diferentes niveles de experiencia clínicos, los autores informaron que incluso un principiante utilizando PathFile rotatorio produjo menos enderezamiento de los conductos curvos que un endodoncista experimentado usando limas K manuales. Los autores concluyeron que el uso de una lima K de tamaño pequeño, seguido por limas PathFile podría ser el método menos invasivo y más seguro para la creación de una vía de deslizamiento.

periapical radiography and is a non-invasive technique suited to evaluating anatomical structures<sup>(2,19,22)</sup>.

The creation of a glide path is perhaps the most important part of endodontic treatment. The introduction of Ni-Ti rotary files has made it easier to shape curved canals thanks to their elasticity. But when a Ni-Ti file is used in a curved canal, it has tendency to recover its original shape due to its pseudo-elasticity, which may lead to procedural errors, such as apical transportation<sup>(9)</sup>. Nakagawa et al.<sup>(15)</sup> concluded that Ni-Ti rotary files such as Pathfile or RaCe ISO 10 have more flexibility compared with stainless steel K-file instruments and so could prove a more effective choice of instrument for creating the glide path while maintaining the original canal shape in curved canals. Other studies such as Berutti et al.<sup>(6)</sup> have analyzed the maintenance of canal anatomy in simulated root canals comparing the use of manual K-files and the Pathfile system, and differing levels of clinician expertise; the authors reported that even a novice using rotary Pathfile produced less straightening of curved canals than an experienced endodontist using manual K-files. The use of a small-size hand K-file followed by a tapered Ni-Ti rotary PathFile might be the least invasive and safest method for creating a glide path.

The present results showed that the curvature angle and apical transportation were not influenced by the instruments tested, so that the Ni-Ti files produced changes to the angle of curvature of less than 1 degree. Uroz-Torres et al.<sup>(13)</sup> obtained a mean change of 5.80 degrees to canal curvature angles with 25 and 44-degree curves using the Mtwo system (up to #30/05 file); they concluded that the straightening tendency is directly proportional to the angle of curvature. Alvovisi et al.<sup>(23)</sup> also carried out post-shaping analysis, finding a more centered preparation with ProGlider compared with Pathfile and K-files.

In the present study, the ProGlider file was found to be the fastest system for creating a glide path. This can be explained by the fact that ProGlider system is a single file in comparison with Pathfile or RaCe ISO 10. Moreover, the Pathfile and RaCe ISO 10 groups were irrigated for longer during file changes, which increased working time compared with ProGlider. Our results are consistent with Kirchoff et al.<sup>(24)</sup> who also found a shorter working time with Proglider in comparison with Pathfile. Another study compared the torque exerted during rotary instrumentation between different systems, concluding that PathFile instruments produced significantly less peak torque and force during glide path preparation than ProGlider, which possibly makes greater contact

Los presentes resultados mostraron que el ángulo de curvatura y el transporte apical no fueron influenciados por los instrumentos probados, de modo que las limas de Ni-Ti estudiadas producen cambios en el ángulo de curvatura de menos de un grado. Uroz-Torres y cols.<sup>(13)</sup> obtuvieron un cambio medio de 5,80 grados con respecto a los ángulos de curvatura de conductos curvos de 25 y 44 grados usando el sistema Mtwo (hasta lima 30/05) y llegaron a la conclusión de que la tendencia al enderezamiento es directamente proporcional al ángulo de curvatura. Alvovisi y cols.<sup>(23)</sup> también analizaron las limas ProGlider, encontrando una preparación más centrada con ProGlider en comparación con PathFile y K-files.

En el presente estudio ProGlider fue el sistema más rápido para crear vías de deslizamiento. Esto puede explicarse por el hecho de que el sistema ProGlider consta de una sola lima en comparación con PathFile o RaCe ISO 10. Por otra parte, los grupos PathFile y RaCe ISO 10 fueron irrigados durante más tiempo entre los cambios de limas, lo que aumentó el tiempo de trabajo en comparación con ProGlider. Nuestros resultados son coincidentes con los de Kirchhoff y cols.<sup>(24)</sup> que también encontraron un tiempo de trabajo más corto con ProGlider en comparación con PathFile. Otro estudio comparó el torque ejercido durante la instrumentación rotatoria entre distintos sistemas, concluyendo que los instrumentos PathFile produjeron significativamente un menor torque máximo y menor fuerza durante la preparación que ProGlider, posiblemente porque hay un mayor contacto con las paredes del conducto, debido al aumento de su diámetro en la parte media y en los niveles coronales de la lima<sup>(25)</sup>. La vía de deslizamiento puede prevenir la fractura de los instrumentos rotatorios de Ni-Ti<sup>(26)</sup> y crear un acceso para la conformación del conducto con una conicidad progresiva<sup>(2,27)</sup>, disminuyendo la posibilidad de transporte apical<sup>(26)</sup>.

Paleker y cols.<sup>(28)</sup> compararon el centrado y el transporte apical del conducto concluyendo que ProGlider mostraba un centrado superior. Además, ProGlider y G-files (Micro-Mega, Besançon, Francia) causaron significativamente menos transporte apical que las limas K de acero inoxidable (Dentsply, Maillefer).

La literatura ofrece numerosas opiniones diferentes en cuanto a establecer una vía de deslizamiento antes de la conformación del conducto radicular. Algunos autores sugieren la posibilidad de utilizar un único instrumento para instrumentar el conducto radicular en casos de conductos no complejos sin la creación de una

with the canal walls due to the increase in its flute diameter at middle and coronal levels<sup>(25)</sup>. A glide path can prevent Ni-Ti rotary instrumentation fracture<sup>(26)</sup>, and creates a path for producing a canal shape that is more tapered<sup>(2,27)</sup>, and decreases the possibility of apical transportation<sup>(26)</sup>.

Paleker et al.<sup>(28)</sup> Reported that ProGlider file displayed superior centering ability and transported fewer apices making it potentially more suitable for curved canals in the clinical situation.

The literature gives numerous different opinions as to whether or not to create a glide path before shaping the root canal. Some authors suggest the possibility of using only one instrument to enlarge the root canal in cases of non-complex canals without a glide path procedure<sup>(29)</sup>. On the other hand, it has been suggested that creating a glide path before applying any Ni-Ti rotary or reciprocating motion instrumentation, would appear to be appropriate for safely shaping the canal<sup>(27,30)</sup>, and also reduces the time required for shaping the root canal.

Further studies comparing the glide path effects produced by files of similar size and taper to Pathfile #2 (#16/.02) or ProGlider, should be performed to investigate the effect of progressive taper sizes and the instruments' flexibility in severely curved canals.

## CONCLUSIONS

Within the limits of this study, ProGlider file was found to be the fastest system for creating a glide path compared with Pathfile and RaCe ISO 10. All the rotary systems tested performed the glide path procedure safely and preserved root canal anatomy without producing canal aberrations.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank Dentsply-Maillefer for providing the materials used in this study. The authors deny any conflict of interests related to this study.

## BIBLIOGRAFÍA

- Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am.* 1974; 18: 269-96.

vía de deslizamiento previa<sup>(29)</sup>. Por otra parte, se ha sugerido que la creación de una vía de deslizamiento antes de aplicar cualquier instrumento de Ni-Ti con rotación continua o con movimiento alternante, parece ser apropiada para dar forma de manera segura al conducto<sup>(27,30)</sup>, y también reduce el tiempo requerido para la conformación del mismo.

Serían necesarios más estudios que comparen los efectos de la vía de deslizamiento producidos por limas de tamaño y forma cónica similar a PathFile 2 (16/02) o a ProGlider, para investigar el efecto de distintos tamaños y conicidades progresivas y la flexibilidad de los instrumentos en los conductos muy curvos.

## CONCLUSIONES

Dentro de los límites de este estudio, ProGlider resultó ser el sistema más rápido para crear una vía de deslizamiento en comparación con PathFile y RaCe ISO 10. Todos los sistemas rotatorios probados realizaron la vía de deslizamiento de manera segura y conservando la anatomía del conducto radicular sin producir deformaciones del mismo.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a Dentsply Maillefer por proporcionar los materiales utilizados en este estudio. Los autores niegan cualquier conflicto de intereses relacionados con este estudio.

2. Gergi R, Rjeily JA, Sader J, Naaman A. Comparison of canal transportation and centering ability of twisted files, Pathfile, ProTaper system, and stainless steel hand K-files by using computed tomography. *J Endod.* 2010; 36: 904-7.
3. Cassim I, van der Vyver PJ. The importance of glide path preparation in endodontics: a consideration of instruments and literature. *SADJ.* 2013; 68: 322, 324-7.
4. West JD. The endodontic Glidepath: "Secret to rotary safety". *Dent Today.* 2010; 29: 86, 88, 90-3.
5. D'Amario M, Baldi M, Petricca R, De Angelis F, El Abed R, D'Arcangelo C. Evaluation of a new nickel-titanium system to create the glide path in root canal preparation of curved canals. *J Endod.* 2013; 39: 1581-4.
6. Berutti E, Cantatore G, Castellucci A, Chiandussi G, Pera F, Migliaretti G, et al. Use of nickel-titanium rotary PathFile to create the glide path: comparison with manual preflaring in simulated root canals. *J Endod.* 2009; 35: 408-12.
7. Ruddle CJ, Machtou P, West JD. Endodontic canal preparation: innovations in glide path management and shaping canals. *Dent Today.* 2014; 33: 118-23.
8. Elnaghy AM, Elsaka SE. Evaluation of the mechanical behaviour of PathFile and ProGlider pathfinding nickel-titanium rotary instruments. *Int Endod J.* 2015; 48: 894-901.
9. Hulsmann M, Peters OA, Dummer PMH. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endod Top.* 2005; 10: 30-76.
10. Pasqualini D, Mollo L, Scotti N, Cantatore G, Castellucci A, Migliaretti G, et al. Postoperative pain after manual and mechanical glide path: a randomized clinical trial. *J Endod.* 2012; 38: 32-6.
11. Musani I, Goyal V, Singh A, Bhat C. Evaluation and comparison of biological cleaning efficacy of two endofiles and irrigants as judged by microbial quantification in primary teeth - an in vivo study. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2009; 2: 15-22.
12. Pasqualini D, Bianchi CC, Paolino DS, Mancini L, Cemenasco A, Cantatore G, et al. Computed micro-tomographic evaluation of glide path with nickel-titanium rotary PathFile in maxillary first molars curved canals. *J Endod.* 2012; 38: 389-93.
13. Uroz-Torres D, González-Rodríguez MP, Ferrer-Luque CM. Effectiveness of a manual glide path on the preparation of curved root canals by using Mtwo rotary instruments. *J Endod.* 2009; 35: 699-702.
14. Alves V de O, Bueno CE da S, Cunha RS, Pinheiro SL, Fontana CE, de Martin AS. Comparison among manual instruments and PathFile and Mtwo rotary instruments to create a glide path in the root canal preparation of curved canals. *J Endod.* 2012; 38: 117-20.
15. Nakagawa RKL, Alves JL, Bueno VTL, Bahia MGA. Flexibility and torsional behaviour of rotary nickel-titanium PathFile, RaCe ISO 10, Scout RaCe and stainless steel K-File hand instruments. *Int Endod J.* 2014; 47: 290-7.
16. Berutti E, Alovise M, Pastorelli MA, Chiandussi G, Scotti N, Pasqualini D. Energy consumption of ProTaper Next X1 after glide path with PathFiles and ProGlider. *J Endod.* 2014; 40: 2015-8.
17. Capar ID, Kaval ME, Ertas H, Sen BH. Comparison of the cyclic fatigue resistance of 5 different rotary pathfinding instruments made of conventional nickel-titanium wire, M-wire, and controlled memory wire. *J Endod.* 2015; 41: 535-8.
18. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1971; 32: 271-5.

19. Elnaghy AM, Elsaka SE. Evaluation of root canal transportation, centering ratio, and remaining dentin thickness associated with ProTaper Next instruments with and without glide path. *J Endod.* 2014; 40: 2053-6.
20. Nabavizadeh M, Abbaszadegan A, Khojastepour L, Amirhosseini M, Kiani E. A Comparison of Apical Transportation in Severely Curved Canals Induced by Reciproc and BioRaCe Systems. *Iran Endod J.* 2014; 9: 117-22.
21. Iqbal MK, Maggiore F, Suh B, Edwards KR, Kang J, Kim S. Comparison of apical transportation in four Ni-Ti rotary instrumentation techniques. *J Endod.* 2003; 29: 587-91.
22. Estrela C, Bueno MR, Sousa-Neto MD, Pécora JD. Method for determination of root curvature radius using cone-beam computed tomography images. *Braz Dent J.* 2008; 19: 114-8.
23. Alovisi M, Cemenasco A, Mancini L, Paolino D, Scotti N, Bianchi CC, et al. Micro-CT evaluation of several glide path techniques and ProTaper Next shaping outcomes in maxillary first molar curved canals. *Int Endod J.* 2016. [Epub ahead of print]
24. Kirchhoff AL, Chu R, Mello I, Garzon ADP, dos Santos M, Cunha RS. Glide Path Management with Single- and Multiple-instrument Rotary Systems in Curved Canals: A Micro-Computed Tomographic Study. *J Endod.* 2015; 41: 1880-3.
25. Arias A, Singh R, Peters OA. Differences in torsional performance of single- and multiple-instrument rotary systems for glide path preparation. *Odontology.* 2016; 104: 192-8.
26. Patiño PV, Biedma BM, Liébana CR, Cantatore G, Bahillo JG. The influence of a manual glide path on the separation rate of NiTi rotary instruments. *J Endod.* 2005; 31: 114-6.
27. Nazarimoghadam K, Daryaeian M, Ramazani N. An in vitro comparison of root canal transportation by reciproc file with and without glide path. *J Dent.* 2014; 11: 554-9.
28. Paleker F, van der Vyver PJ. Comparison of canal transportation and centering ability of k-files, ProGlider file, and G-files: a micro-computed tomography study of curved root canals. *J Endod.* 2016;42: 1105-1109.
29. De-Deus G, Arruda TEP, Souza EM, Neves A, Magalhães K, Thuanne E, et al. The ability of the Reciproc R25 instrument to reach the full root canal working length without a glide path. *Int Endod J.* 2013; 46: 993-8.
30. Berutti E, Paolino DS, Chiandussi G, Alovisi M, Cantatore G, Castellucci A, et al. Root canal anatomy preservation of WaveOne reciprocating files with or without glide path. *J Endod.* 2012; 38: 101-4.