

ESTUDIO COMPARATIVO IN VITRO DE LA TRANSPORTACIÓN DEL CANAL
RADICULAR, UTILIZANDO TRES SISTEMAS ROTATORIOS DE NÍQUEL-TITANIO:
HERO SHAPER, PROTAPER UNIVERSAL Y RACE

COMPARATIVE *IN VITRO* STUDY OF ROOT CANAL TRANSPORTATION,
USING THREE NICKEL-TITANIUM ROTARY SYSTEMS: HERO SHAPER,
PROTAPER UNIVERSAL, AND RACE

MARCELA ALCOTA ROJAS,¹ GABRIELA COMPÁN CATENACCI,¹
JUAN CARLOS SALINAS CASTRO,² ANA MARÍA PALMA EYZAGUIRRE¹

RESUMEN. Introducción: el objetivo de este estudio in vitro fue comparar el grado de transportación de los canales radiculares utilizando tres técnicas de instrumentación rotatoria: HERO Shaper, ProTaper Universal y RaCe. **Métodos:** se seleccionó una muestra de treinta canales vestibulares de molares humanos superiores con ángulo de curvatura entre 25 y 35° con conductos finos y formación radicular completa que fue dividida en tres grupos arbitrarios de diez conductos cada uno, los que fueron preparados por los sistemas de instrumentación rotatoria HERO Shaper, ProTaper Universal y Race respectivamente, todos hasta el diámetro # 30 a la longitud de trabajo, utilizando el motor Endo-Mate TC NSK con control de torque y velocidad controlada. Se tomaron radiografías previas y posteriores a la instrumentación, las que fueron digitalizadas con escáner Agfa Duoscan T1200 a resolución de 2.400 dpi en escala de grises, luego mediante el método de morfometría lineal utilizando el sistema computacional para imágenes digitales NIH ImageJ se hicieron un total de 12 mediciones por canal, 4 para el ancho total radicular, 4 para la pared cóncava y 4 para la pared convexa, todos a 1, 2, 4 y 6 mm, respectivamente, desde el vértice radiográfico del conducto. Los datos obtenidos fueron analizados mediante el análisis estadístico no paramétrico Mann Whitney Rank Sum y Kruskal Wallis para muestras independientes. **Resultados:** se observa transportación del canal radicular hacia la pared cóncava al utilizar el sistema ProTaper Universal, siendo estadísticamente significativa. ($p = 0,01$). **Conclusión:** el sistema rotatorio ProTaper Universal produce mayor número de transportaciones al compararlo con los sistemas RaCe y HERO Shaper.

Palabras clave: preparación de conductos, transportación, sistemas rotatorios.

Alcota M, Compán G, Salinas JC, Palma AM. Estudio Comparativo in vitro de la transportación del canal radicular, utilizando tres sistemas rotatorios de níquel-titanio: HERO Shaper, Protaper Universal y RaCe. Rev Fac Odontol Univ Antioq 2011; 23(1): 9-21.

ABSTRACT. Introduction: the objective of this in vitro study was to compare the degree of transportation of root canals using three rotary systems: HERO Shaper, ProTaper Universal, and Race. **Methods:** a sample of thirty buccal root canals of upper molars with curvatures between 25 and 35° was divided into three random groups of ten canals each, which were then instrumented by using the rotary systems HERO Shaper, ProTaper Universal, and Race respectively, all to a diameter # 30 to the working length, using the motor NSK Endo-Mate TC to control torque and speed. Radiographs were taken before and after mechanical instrumentation, and they were scanned with DuoScan Agfa T1200 scanner at a resolution of 2400 dpi gray scale. Afterwards, by the method of lineal morphometry and using the computer system for digital images NIH imageJ, a total of 12 measurements per root canal were done: 4 for the total root width, 4 for the concave wall and 4 for the convex wall, all at 1, 2, 4 and 6 mm respectively from the radiographic apex of the canal. The data were analyzed by using the Mann Whitney Rank Sum and Kruskal Wallis nonparametric statistical analysis for independent samples. **Results:** Transportation was observed from the root canal to the concave wall when the ProTaper Universal system was used, being statistically significant ($p = 0,01$). **Conclusion:** the ProTaper Universal rotary system produced the greatest number of transportations when compared with HERO Shaper and RaCe systems.

Key words: canal preparation, transportation, rotary systems.

Alcota M, Compán G, Salinas JC, Palma AM. Comparative in vitro study of root canal transportation, using three nickel-titanium rotary systems: HERO Shaper, ProTaper Universal, and RaCe. Rev Fac Odontol Univ Antioq 2011; 23(1): 9-21.

1 Área de Endodoncia, Departamento de Odontología Conservadora, Facultad de Odontología, Universidad de Chile.

2 Departamento Prótesis, Facultad de Odontología, Universidad de Chile.

1 Endodontics Area, Department of Conservative Dentistry, Facultad de Odontología, Universidad de Chile.

2 Department of Prosthesis, Facultad de Odontología, Universidad de Chile.

INTRODUCCIÓN

Desde la aparición de la aleación de níquel-titanio se han desarrollado gran variedad de instrumentos tanto manuales como rotatorios, con el fin de aprovechar las ventajas de esta aleación.

Se entiende como transportación al cambio de ubicación espacial del canal radicular con respecto a su ubicación original, produciéndose así el desgaste no proporcional de alguna de las paredes dentinarias en relación con la anatomía original de este. De aquí surge como una de las principales preocupaciones en los sistemas de instrumentación rotatoria, que durante su utilización no exista transportación del conducto; y que además se realice el ensanchamiento adecuado y eficiente en toda su longitud.¹ Al respecto diversos autores han afirmado que la utilización de los instrumentos rotatorios de NiTi permite instrumentar canales finos y curvos, preparando un conducto radicular con poco o ningún grado de transportación a lo largo del eje axial del canal radicular.²⁻⁴

Por otra parte, al comparar la capacidad de conformación de las limas manuales de acero inoxidable versus la instrumentación usando sistemas rotatorios de NiTi, se ha determinado que las limas de acero inoxidable debido a su rigidez provocan deformación de la forma natural de los conductos curvos, ensanchamiento del foramen apical, transportación apical, formación de zip y codos en el tercio medio del conducto, a diferencia de las limas de NiTi, las que debido a su flexibilidad no debiesen presentar estos problemas.⁵ Sin embargo numerosos reportes, muestran extensa variedad de resultados, muchos de ellos contradictorios en cuanto al grado de transportación y deformación del conducto radicular al utilizar los diversos sistemas de instrumentación rotatoria.⁶⁻⁸

De ahí, el interés de comparar experimentalmente los sistemas rotatorios HERO Shaper, ProTaper Universal y RaCe, para determinar cuál de ellos produce la menor transportación y deformación del conducto radicular.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio es de tipo experimental, *in vitro* y ciego.

Definición operacional: se comparará la cantidad de desgaste dentinario entre las paredes mesiales y distales (vale decir: cóncavas y convexas) de molares superiores al hacer la preparación rotatoria de los canales radiculares vestibulares que presenten curvatura entre 25 y 35°.

INTRODUCTION

Since the emergence of the nickel-titanium alloy, a great variety of both manual and rotary instruments have been developed, trying to make the most of the advantages of this alloy.

Transportation is understood as a shift in the root canal location compared to its original position, resulting in a non-proportional wear of some dentin walls in relation to the canal's original anatomy. This establishes one of the main concerns of the rotary instrumentation systems: avoiding canal transportation when using them, while achieving adequate and efficient enlargement all along the canal.¹ Therefore, several authors suggest that using NiTi (nickel-titanium) rotary systems enable instrumentation of fine and curved canals, because they allow preparation of the canal with small or no transportation along the root canal axial shaft.²⁻⁴

Also, comparisons between the shaping ability of stainless steel hand files and the instrumentation used by the NiTi rotary systems have shown that, due to their rigidity, stainless steel files cause deformation of the natural shape of curved canals, enlargement of the apical foramen, apical transportation, and zip and elbow formation in the mid-third of the canal, which do not happen when using NiTi files, because of their flexibility.⁵ However, numerous reports show a great variety of results—many of them contradictory—on the degrees of root canal transportation and deformation caused by different rotary instrumentation systems.⁶⁻⁸

Thence the interest in an experimental comparison of HERO Shaper, ProTaper Universal and RaCe rotary systems, in order to determine which of them produces the minimum root canal transportation and deformation.

MATERIALS AND METHODS

This was an experimental, *in vitro*, blind study.

Operational description: A comparison will be made on the amount of dentin wear occurring at the upper molars' mesial and distal (that is, concave and convex) walls when making rotary preparation of vestibular root canals with curvatures between 25 and 35°.

Esta comparación se basa en el supuesto teórico que al hacer cualquier técnica de instrumentación existe desgaste dentinario de las paredes del canal, pudiendo existir cambio en la ubicación espacial del canal con respecto a su ubicación original.

Variables

- a) Variable independiente: tipo de técnica
- b) Variable dependiente: desgaste dentinario.

I. Selección de dientes

La muestra fue conformada por 30 canales radiculares de primeros y segundos molares humanos superiores extraídos, con base en un criterio de inspección morfológica, con los siguientes criterios de inclusión:

1. Canales radiculares vestibulares de 1.º y 2.º molares superiores.
2. Canales radiculares finos.
3. Curvaturas radiculares entre 25 y 35°, de acuerdo con el coeficiente de curvatura de S. W. Schneider,⁹ para estandarizar la muestra con respecto a esta variable.
4. Canales radiculares con formación radicular completa.

Los criterios de exclusión fueron los siguientes:

1. Molares con raíces fusionadas.
2. Molares con cierre apical y formación radicular incompleta.
3. Molares con caries radicular.
4. Molares con fractura radicular.
5. Molares con canales radiculares calcificados y atrésicos.
6. Molares con tratamiento endodóntico previo.

II. Preparación de la muestra

1. Desinfección y manutención de la muestra:

Los molares extraídos fueron mantenidos en una solución de formalina buffer al 10% hasta su proceso de desinfección y conservación donde se hicieron las siguientes etapas:

This comparison is based on the theoretical assumption that any instrumentation technique results in some canal wall dentin wear, with a possible change in the canal spatial location compared with its original position.

Variables

- a) Independent variable: Technique
- b) Dependent variable: Dentin wear

I. Tooth selection

The sample was made up by 30 root canals from first and second upper molars extracted from humans, according to the principle of morphological inspection, following these criteria:

1. Vestibular root canals of 1st and 2nd upper molars.
2. Fine root canals.
3. Radicular curvatures between 25 and 35°, according to the S. W. Schneider curvature coefficient,⁹ in order to standardize the sample in accordance with this variable.
4. Root canals with complete radicular formation.

The criteria for exclusion were as follows:

1. Molars with their roots fused
2. Molars with apical closure and incomplete radicular formation.
3. Molars with root caries.
4. Molars with root fracture.
5. Molars with calcified and atresic root canals.
6. Molars with previous endodontic treatment.

II. Sample preparation:

1. Sample disinfection and storage

The extracted molars were kept in a Formaline 10% Buffered solution until the process of disinfection and storage, when the following steps were taken.

- Fueron hervidos en un recipiente tapado durante 30 min en el volumen suficiente (un litro) de agua corriente 50% e hipoclorito de sodio 50%.
 - Una vez hervidos, se colaron y lavaron con cepillo y detergente para eliminar los posibles restos de tejidos adheridos.
 - Se enjuagaron abundantemente y escurrieron sobre papel absorbente.
 - Se sumergieron los molares en solución hidratante (agua oxigenada de 10 volúmenes 50% y glicerina 50%) hasta el momento de ser utilizados.
2. Preparación de la muestra antes de la evaluación radiográfica:
- Se hizo la cavidad de acceso en los molares utilizando fresas de alta y baja velocidad con abundante irrigación acuosa. Se seleccionaron los canales radiculares vestibulares de los molares superiores.
 - Se seccionaron las raíces palatinas de los molares, para así facilitar la toma radiográfica y evitar su sobreproyección sobre canales radiculares vestibulares (figura 1).
3. Evaluación radiográfica:
- Se confeccionó una llave de silicona pesada, presionando el molar en esta, conformando un molde que permitió la toma radiográfica preoperatoria y posoperatoria en la misma angulación y sentido de la curvatura del molar. Además se puso una regla milimetrada metálica de 10 mm en cada una de las radiografías, para escalar la muestra y calibrar mediciones (figura 1).
- They were boiled in a recipient covered with a lid for 30 minutes in enough quantity (a liter) of running water (50%) and sodium hypochlorite (50%).
 - Once boiled, they were drained and washed with a brush and soap, so as to wash out the remaining tissue adhered to them.
 - They were rinsed with plenty of water and let to drain on absorbent paper.
 - The molars were immersed in a hydrating solution (50% 10-volume hydrogen peroxide and 50% glycerine) until the time of their utilization.
2. Sample preparation before radiographic assessment:
- An access cavity was made on the molars using high- and low- speed burs with plenty of water irrigation. The vestibular root canals were selected from the upper molars.
 - The molars' palatal roots were cross-sectioned, to facilitate radiographic assessment and to prevent overprojection on vestibular root canals (figure 1).
3. Radiographic assessment
- A key of heavy silicone was made by pressing the molar against it, thus forming a mould that allowed pre- and post- surgical radiographic shots in the same angle and orientation of the molar curvature. Also, a 10-millimeter metal ruler was placed on each radiograph, as a way of scaling the sample and calibrating the measurements (figure 1).

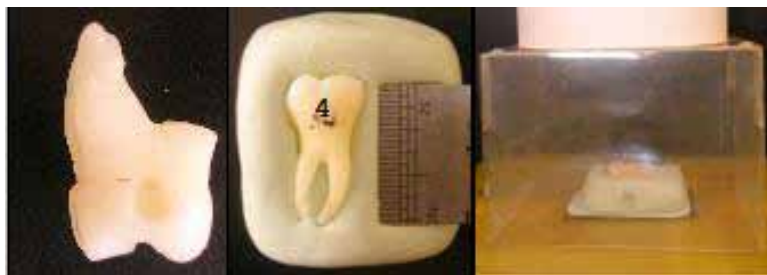


Figura 1. Molar con raíz palatina seccionada, llave de silicona y estandarizador radiográfico

Figure 1. A molar with its palatal root cross-sectioned, silicone key, and radiographic standardizer

- Para identificar las películas radiográficas correspondientes a cada molar, se colocó una lámina metálica plomada en la esquina superior derecha de estas con el correspondiente número de la muestra.
 - Se confeccionó una base de cera amarilla, con el objetivo de mantener constante la posición de la película. Sobre esta base se ubicaron las llaves de silicona.
 - Con el objetivo de estandarizar la técnica radiográfica, se ideó un método original en el cual se confeccionó un aparato "posicionador" en que se colocó el cono de rayos X de manera que quedó siempre en la misma posición y a la misma distancia del objeto al que se le iba a tomar la radiografía (figura 1). La toma radiográfica fue hecha con tiempo de exposición de 0,25 s y 60 kV. Se hicieron pruebas previas para confirmar que la toma radiográfica estuviese siempre hecha en las mismas condiciones de posición y distancia.
4. Selección de canales radiculares:
- Una vez tomadas las radiografías previas se midió el ángulo de la curvatura según la técnica de Schneider⁹ (figura 2), incluyendo en la muestra solo aquellos canales que presentaron angulación entre 25 y 35°.
- In order to identify the X-ray films corresponding to each molar, a lead metal sheet was placed on each top right corner along with the corresponding sample number.
 - A bottom layer was made on yellow wax, in order to keep the film fixed on its position. The silicone keys were placed on this layer.
 - In order to standardize the radiographic technique, an original method was crafted: a positioning device was designed as a support to the X-ray cone, so that it permanently stood in its position and at the same distance to the object to be radiographed (figure 1). The X-ray was taken under an exposure time of 0.25 sec and 60 kV. Previous tests were performed in order to verify that the radiographic shot was always taken under the same conditions of position and distance.
4. Root canal selection:
- Once the preliminary X-ray shots had been taken, the curvature angle was measured following Schneider's technique⁹ (figure 2) including only the canals with angles between 25 and 35°.

III. Procedimiento de Instrumentación

Se formaron tres grupos experimentales de diez conductos cada uno:

III. Instrumentation procedure

Three experimental groups were formed, each having ten canals:

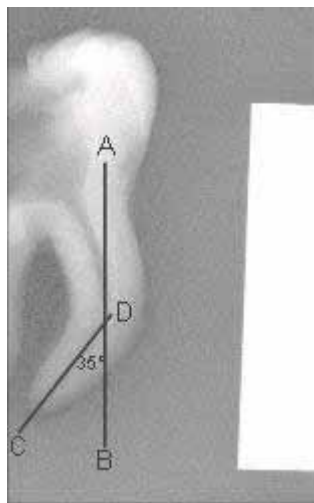


Figura 2. Medición del ángulo de la curvatura según técnica de Schneider

Figure 2. Measurement of the curvature angle following Schneider's technique

Grupo I: canales instrumentados con el sistema HERO Shaper (micromega, Besancon, Francia), según instrucciones del fabricante hasta la lima 30 conicidad 0,04.

Grupo II: canales instrumentados con el sistema ProTaper Universal (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) según instrucciones del fabricante hasta lima F3, que corresponde a diámetro de lima 30 en la punta y conicidad progresiva de la parte activa de 0,09 a 0,05.

Grupo III: canales instrumentados con el sistema RaCe (FKG-Dentaire, Suiza) hasta lima 30 conicidad 0,04.

En todos los canales la longitud de trabajo se estableció utilizando una lima K N.º 10 (Maillefer) la que se introdujo hasta llegar a ras del foramen apical, luego se midió esta distancia y se le restó 1 mm. Los conductos fueron irrigados durante toda la instrumentación con hipoclorito de sodio al 5,25% con volumen de 1 cm³ antes y después de cada instrumento y la aguja irrigadora se introdujo lo más apical posible, antes de que ajustara al conducto, es decir, quedando holgada y con apoyo en una sola de las paredes. Se utilizó el motor Endo-Mate TC NSK con velocidad de 250 a 350 rpm y torque 2.

Todos los canales fueron instrumentados por el mismo operador. En los tres grupos experimentales se utilizó un set de limas por cada 5 conductos instrumentados.

Una vez instrumentados los canales fueron radiografiados bajo las mismas condiciones preliminares.

IV. Análisis de la preparación del canal radicular

La radiografías pre- y posinstrumentación fueron digitalizadas en el escáner Duoscan T 1200 marca Agfa, a resolución de 2.400 dpi, en escala de grises.

Las imágenes se modificaron en el programa Photo Shop v 7.0 de modo que la dirección de los conductos seleccionados quedara siempre hacia el mismo sentido y dirección de manera de poder hacer todas las mediciones bajo idénticas condiciones.

Se asignó numeración arbitraria desde el 1 hasta el 60 para evitar sesgo y hacer el estudio de tipo ciego. Posteriormente los canales fueron analizados y medidos con el método de morfometría lineal, utilizando el sistema computacional NIH ImageJ.

Group I: canals instrumented with the HERO Shaper system (Micromega, Besançon, France), according to the manufacturer's directions up to file #30, 0.04 taper.

Group II: canals instrumented with the ProTaper Universal system (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) according to the manufacturer's directions up to file F3, which matches a file # 30 tip diameter and a progressive tapering of 0,09 to 0,05 of the active section.

Group III: canals instrumented with the RaCe system (FKG-Dentaire, Switzerland) up to file # 30, 0.04 tapering.

The working length for each canal was established by using a K-file #10 (Maillefer), which was introduced until reaching down the apical foramen. This distance was then measured subtracting 1 mm. All through the instrumentation, the canals were irrigated with 1 cm³ of 5.25% sodium hypochlorite before and after each instrument, and the irrigating needle was introduced as apically as possible before it was adhered to the canal, that is, being loose and supported by just one of the walls. The Endo-Mate TC NSK motor was used, with speeds of 250 to 350 rpm and torque 2.

All of the canals were instrumented by the same operator. In the three experimental groups, a set of files was used for every 5 instrumented canals.

Once they had been instrumented, the canals were X-rayed under the same preliminary conditions.

IV. Root canal preparation analysis

The pre- and post- instrumentation radiographs were digitalized with an Agfa Duoscan T 1200 scanner, with a resolution of 2400 dpi, in gray scale.

The images were modified by using Photo Shop v. 7.0 keeping the orientation of the selected canals in the same direction, so that all the measurements could be performed under identical conditions.

Random numbering from 1 to 60 was assigned in order to avoid biases and to carry out the blind study. Afterwards, the canals were analyzed and measured following the method of linear morphometry, using the NIH imageJ software.

Se hizo un test de calibración intraobservador para medidas repetidas, para establecer la confiabilidad de las mediciones. Este consistió en hacer medidas en una raíz elegida al azar, la que se midió de la misma forma y con el mismo sistema computacional, dos veces al día durante cinco días. Una vez obtenidos los valores se aplicó el test estadístico t-test para muestras dependientes.

Para estandarizar la medición, esta fue escalada de acuerdo con la regla metálica presente en las radiografías, la que correspondía a 10 mm. Las mediciones se hicieron desplegando guías paralelas a 1, 2, 4 y 6 mm (figura 3) desde el vértice radiográfico del canal radicular, el que en algunas ocasiones coincidió con el vértice radiográfico de la raíz. Las imágenes fueron analizadas bajo condiciones de ajuste de brillo y contraste de manera arbitraria, para así determinar claramente los límites dentinarios pre- y pos-instrumentación de los canales radiculares. Por cada radiografía se hicieron un total de 12 mediciones: longitud total del ancho de la raíz, de la pared dentinaria cóncava, de la pared dentinaria convexa a 1, 2, 4 y 6 mm (figura 3). Los datos obtenidos fueron expresados en milímetros. Se consideró transportación del conducto radicular cuando existió la diferencia de desgaste no homogénea entre las paredes dentinarias correspondiente a 0,4 mm o superior en cualquiera de los puntos medidos.

Para hacer el análisis estadístico se utilizó el t-test para muestras dependientes con el objeto de establecer la precisión del registro intraobservador. El test no paramétrico Mann Whitney Rank Sum para muestras independientes fue utilizado para medir la diferencia de desgaste de la pared cóncava versus convexa por cada una de las 10 muestras de cada sistema de instrumentación en los diferentes puntos medidos (a 1, 2, 4 y 6 mm del vértice del canal radicular).

An inter-observer calibration test was conducted for repeated measurements, in order to determine measurement reliability. It consisted of assessing a root randomly chosen, which was measured with the same methods and software two times a day for five days. Once the values had been obtained, a statistical t-test for dependent samples was applied.

In order to standardize the measurement, it was scaled by means of the metal ruler used in the radiographs, which was of 10 mm. The measurements were made by placing parallel guides of 1, 2, 4 and 6 mm (fig. 3) from the root canal radiographic vertex—which often coincided with the root radiographic vertex—. The images were analyzed under conditions of brightness and contrast adjustment in a random manner, in order to clearly determine dentin boundaries before and after instrumentation of the root canals. Per each radiograph, 12 measurements were made in total in order to determine the total length of the root width, the concave dentin wall and the convex dentin wall at 1, 2, 4 and 6 mm (figure 3). The obtained quantities were expressed in millimeters. Transportation of the root canal was supposed when a non-homogenous wear difference of 0,4 mm or greater occurred between the dentin walls in any of the measured spots.

For the statistical analysis, the t-test for dependent samples was used in order to establish the inter-observer record accuracy. The non-parametric Mann-Whitney Rank Sum test for independent samples was used to determine the difference between concave wall and convex wall wear for each of the 10 samples of each instrumentation system in all the spots measured (at 1, 2, 4 and 6 mm from the root canal vertex).



Figura 3. Total de mediciones hechas por radiografía antes y después de la instrumentación
Figure 3. Total measurements made with X-rays before and after instrumentation

El test de varianza no paramétrico de Kruskal Wallis, con intervalo de confianza del 95% y valor $p \leq 0,05$ fue utilizado para establecer diferencias de porcentajes de transportación entre los sistemas, por lo que se determinó el porcentaje de transportación en cada uno de ellos, estableciendo su presencia o ausencia en los 10 conductos analizados por sistema.

RESULTADOS

Los resultados del t-test para muestras dependientes, el cual se aplicó con el objeto de establecer la precisión del registro intraobservador, indican que no existen diferencias significativas en el análisis de confianza intraexaminador.

Los resultados de la tabla 1 indican la presencia o ausencia de transportación para la pared cóncava versus pared convexa a los distintos niveles de observación (1, 2, 4, 6 mm) en las 10 muestras preparadas por el sistema de instrumentación rotatoria HERO Shaper.

Se observa la ausencia de transportación en el canal, pese a que existe un desgaste mayor a 1 y 6 mm, esta diferencia no es estadísticamente significativa.

La tabla 2 muestra la diferencia del desgaste entre pared cóncava versus convexa al utilizar el sistema Protaper Universal en los diferentes niveles de medición.

The Kruskal Wallis non-parametric variance test, with a 95% confidence interval and a p of ≤ 0.05 , was used to establish differences in transportation percentages between the systems. Therefore, the transportation percentage of each system was determined, establishing the presence or absence of transportation in the 10 canals analyzed per system.

RESULTS

The results of the t-test for dependent samples, conducted with the intention of establishing reliability of the inter-observer record, revealed no significant differences in the inter-rater reliability analysis.

The results displayed on table 1 show the presence or absence of transportation for both the concave wall and the convex wall at the various levels of observation (1, 2, 4, 6 mm) in the 10 samples instrumented with the HERO Shaper rotary instrumentation system.

Absence of canal transportation is observed, in spite of the presence of greater wear at 1 and 6 mm. This difference is not statistically significant.

Table 2 shows differences between concave wall wear and convex wall wear when using the ProTaper Universal system at the different levels of measurement.

Tabla 1. *Transportación del conducto (paredes cóncava versus convexa) al utilizar el sistema de instrumentación HERO Shaper*

	1 mm (mm ± DE)	2 mm (mm ± DE)	4 mm (mm ± DE)	6 mm (mm ± DE)
Pared cóncava (n = 10)	0,0648 ± 0,043	0,0533 ± 0,040	0,0847 ± 0,0650	0,1331 ± 0,120
Pared convexa (n = 10)	0,1141 ± 0,062	0,0972 ± 0,113	0,0520 ± 0,0517	0,0830 ± 0,099

Table 1. *Canal transportation (concave wall vs. convex wall) when using the HERO Shaper instrumentation system*

	1 mm (mm ± SD)	2 mm (mm ± SD)	4 mm (mm ± SD)	6 mm (mm ± SD)
Concave wall (n = 10)	0.0648 ± 0.043	0.0533 ± 0.040	0.0847 ± 0.0650	0.1331 ± 0.120
Convex wall (n = 10)	0.1141 ± 0.062	0.0972 ± 0.113	0.0520 ± 0.0517	0.0830 ± 0.099

Tabla 2. *Transportación del conducto (paredes cóncava versus convexa) al utilizar el sistema de instrumentación Protaper Universal*

	1 mm (mm ± DE)	2 mm (mm ± DE)	4 mm (mm ± DE)	6 mm (mm ± DE)
Pared cóncava (n = 10)	0,1260 ± 0,104	0,1430 ± 0,020	0,0780 ± 0,0650	0,3150 ± 0,120
Pared convexa (n = 10)	0,0820 ± 0,045	0,2140 ± 0,289	0,1020 ± 0,0517	0,0510 ± 0,099

Table 2. *Canal transportation (concave wall versus convex wall) when using the ProTaper Universal instrumentation system*

	1 mm (mm ± SD)	2 mm (mm ± SD)	4 mm (mm ± SD)	6 mm (mm ± SD)
Concave wall (n = 10)	0.1260 ± 0.104	0.1430 ± 0.020	0.0780 ± 0.0650	0.3150 ± 0.120
Convex wall (n = 10)	0.0820 ± 0.045	0.2140 ± 0.289	0.1020 ± 0.0517	0.0510 ± 0.099

Tabla 3. *Transportación del conducto (paredes cóncava versus convexa) al utilizar el sistema de instrumentación RaCe*

	1 mm (mm ± DE)	2 mm (mm ± DE)	4 mm (mm ± DE)	6 mm (mm ± DE)
Pared cóncava (n = 10)	0,106 ± 0,095	0,094 ± 0,075	0,087 ± 0,060	0,109 ± 0,1210
Pared convexa (n = 10)	0,145 ± 0,139	0,110 ± 0,082	0,096 ± 0,074	0,103 ± 0,0182

Tabla 3. *Canal transportation (concave wall versus convex wall) when using the RaCe instrumentation system*

	1 mm (mm ± SD)	2 mm (mm ± SD)	4 mm (mm ± SD)	6 mm (mm ± SD)
Concave wall (n = 10)	0.106 ± 0.095	0.094 ± 0.075	0.087 ± 0.060	0.109 ± 0.1210
Convex wall (n = 10)	0.145 ± 0.139	0.110 ± 0.082	0.096 ± 0.074	0.103 ± 0.0182

Se observa transportación del canal hacia la pared cóncava del conducto, a los 6 mm, siendo esto estadísticamente significativo ($p = 0,01$).

La tabla 3 indica la presencia o ausencia de transportación para la pared cóncava versus pared convexa para el Sistema de Instrumentación Rotatoria RaCe, evidenciándose la ausencia de transportación para todas las mediciones.

La figura 4 compara los porcentajes de transportación para los diferentes sistemas de instrumentación rotatoria.

Los resultados muestran que el sistema que produce el mayor porcentaje de transportaciones es el sistema ProTaper Universal (50%), lo que indica que 5 de los 10 conductos preparados con este sistema rotatorio, presentó transportación en alguno de los puntos medidos, siendo esta diferencia significativa al compararlo con el porcentaje de transportación ocurrida en los otros sistemas ($p = 0,05$).

Canal transportation is observed towards the concave wall of the canal at 6 mm. This is statistically significant ($p = 0.01$).

Table 3 shows the presence or absence of transportation of the concave wall and the convex wall for the RaCe rotary instrumentation system, demonstrating the absence of transportation at the different levels of measurement.

Figure 4 compares the transportation percentages of the three rotary instrumentation systems.

These results show that the system producing the highest percentage of transportation is the ProTaper Universal system (50%), since 5 of the 10 canals prepared with this rotary system exhibited transportation at any of the spots measured, this difference being significant when compared to the percentage of transportation occurred with the other systems ($p = 0.05$).

Porcentaje de transportación por sistema / Percentage of transportation per system

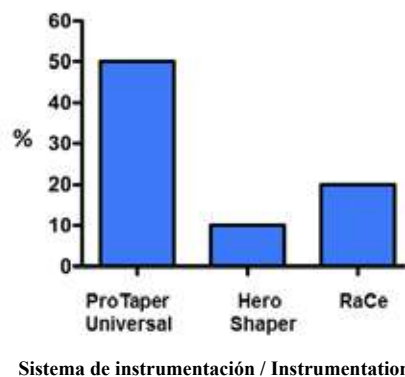


Figura 4. *Comparación porcentual del número de transportaciones presentes al utilizar los tres sistemas de instrumentación rotatoria HERO Shaper versus ProTaper Universal versus RaCe (n = 30)*

Figure 4. *Percentage comparison of the number of transportations when using the three rotary instrumentation system—Hero Shaper versus ProTaper Universal versus RaCe (n = 30)*

Finalmente, es importante señalar que durante el procedimiento experimental fueron fracturados dos instrumentos S1 del sistema ProTaper Universal, por lo que estos conductos debieron ser reemplazados, obteniendo así una muestra final de 30 conductos instrumentados.

DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue comparar in vitro el nivel de transportación en conductos con curvaturas entre 25 y 35°, al ser instrumentados por un mismo operador con tres técnicas de instrumentación rotatoria: HERO Shaper, ProTaper Universal y RaCe.

En la investigación hecha se observó que existen diferencias significativas en cuanto al grado de desgaste de las paredes dentinarias del canal radicular, cuando ellos son instrumentados con el sistema ProTaper Universal, encontrando mayor desgaste de la pared dentinaria cóncava a los 6 mm (tercio medio), lo que se explica por la mayor rigidez de los instrumentos y además por presentar conicidad progresiva en el mismo instrumento, lo cual hace difícil su manejo selectivo según las características anatómicas de los canales radiculares. Estos resultados coinciden con lo reportado por Yang y colaboradores quienes demostraron que el sistema ProTaper Universal remueve más dentina en el tercio coronal y medio del conducto.⁶ Otras investigaciones señalan que la transportación producida por los instrumentos ProTaper Universal puede ser debida a la conicidad progresiva a lo largo de la superficie de corte de estos instrumentos, ya que se ha demostrado que la transportaciones encontradas fueron producidas por el instrumento F3, por lo que su uso debe ser moderado al momento de la preparación de conductos curvos.^{10,11} Por este motivo, diferentes estudios sugieren el uso de sistemas rotatorios combinados para preparar canales curvos, ya que demostraron que el sistema ProTaper Universal por sí solo produce transportación del tercio medio del canal radicular,⁷ o bien, se sugiere también disminuir la conicidad de los instrumentos, así un instrumento 30 de conicidad 2% es más flexible que un instrumento 30 con conicidad 6%, siendo entonces más seguro utilizar conicidades menores al momento de la preparación del tercio apical y medio.¹²⁻¹³

Finally, it is important to point out that during the procedures two S1 instruments of the ProTaper Universal system were fractured, and they had to be replaced, thus obtaining a final sample of 30 instrumented canals.

DISCUSSION

The objective of this study was to compare the level of transportation in canals with curvatures between 25 and 35°, when instrumented by the same operator using three rotary instrumentation techniques: HERO Shaper, ProTaper Universal, and RaCe.

In the course of this study, significant differences were observed in terms of the levels of wear of the root canal's dentin walls, when using the ProTaper Universal system, finding the greatest wear in the concave dentin wall at 6 mm (mid third). This can be explained because of the greater rigidity of the instruments and for the progressive tapering presented in the same instrument, making it difficult to perform a selective handling of instruments according to the anatomic features of the root canal. These results agree with the findings reported by Yang et al, who demonstrated that the ProTaper Universal system removes a higher amount of dentin in the coronal and middle thirds of the canal.⁶ Other studies suggest that transportation produced by the ProTaper Universal instruments might be due to the progressive tapering along their cross-section surface, since it has been demonstrated that the transportations found were produced by instrument F3, and therefore it should be moderately used when preparing curved canals.^{10,11} This is why different studies recommend using a combination of rotary systems to prepare curved canals, since it has been demonstrated that the ProTaper Universal system alone produces transportation in the middle third of the root canal.⁷ Also, reducing instrument tapering is suggested, since an instrument #30 with 2% taper is more flexible than an instrument #30 with 6% taper, being lower taper safer when preparing the apical and middle thirds.¹²⁻¹³

Contrarios a los resultados obtenidos en este estudio, Guelzow y colaboradores compararon la preparación del canal radicular utilizando seis sistemas rotatorios de NiTi distintos (FlexMaster, System GT, HERO 642, K3, ProTaper y RaCe) y demostraron que todos mantienen la curvatura del canal radicular, sin diferencias significativas entre ellos estableciendo además que ProTaper es capaz de mantener conductos radiculares con diámetros más regulares en el tercio coronal, medio y apical del conducto.⁸

Estudios afirman además, la presencia de fracturas en las limas S1 del sistema de instrumentación durante el procedimiento, las cuales se producen en la mayoría de los casos por defectos torsionales, presentando marcas de abrasión circular a $4,3 \pm 1,9$ mm de D° al ser evaluados estereomicroscópicamente.¹⁴⁻¹⁷ Con estos conocimientos se puede inferir la razón por la cual el tercio apical no se ve afectado: debido a que los instrumentos en la menor proporción de los casos, están en contacto con la zona apical, a diferencia de los tercios medio y cervical del conducto, lo cual coincide en la mayor parte de los casos con el inicio o cuerpo de la curvatura.

Estudios que comparan el sistema de instrumentación rotatoria ProTaper Universal versus HERO Shaper, han demostrado que este último sistema produce menor transportación y mejor habilidad de centrado en la sección apical, posiblemente debido a su conicidad reducida y a la menor rigidez de los instrumentos cuando estos son comparados con el sistema ProTaper Universal,⁷ siendo similar a lo encontrado en este estudio, en el que se estableció la ausencia de transportación del conducto al utilizar el sistema de instrumentación mecanizada HERO Shaper. En contraste, Javaheri y colaboradores¹⁸ indicaron la presencia de transportación hacia la pared convexa de la curvatura en el tercio medio y apical y hacia la pared cóncava en el tercio coronal al utilizar el sistema de instrumentación mecanizada HERO Shaper; sin embargo, estos resultados no fueron estadísticamente significativos.

En relación con el sistema de instrumentación mecanizada RaCe nuestros resultados indican la escasa significancia porcentual de transportación durante las observaciones a 1, 2, 4 y 6 mm desde el ápice del conducto, lo que coincide con lo reportado por Schafer y colaboradores quienes demostraron que los conductos preparados con instrumentos RaCe conservan y mantienen mejor la centricidad y curvatura original del canal en comparación con aquellos

Contrary to the results obtained in this study, Guelzow et al compared root canal preparation using six different Ni-Ti rotary systems (FlexMaster, System GT, HERO 642, K3, ProTaper, and RaCe) and demonstrated that all of them preserve the curvature of the root canal, without any significant difference among them. They also established that ProTaper is able to keep root canals with more regular diameters in their coronal, middle and apical thirds.⁸

Other studies also report the presence of fractures in S1 files of the instrumentation system during the procedure, which in most cases are produced by torsional defects, exhibiting circular abrasion marks at 4.3 ± 1.9 mm D° when stereo-microscopically evaluated.¹⁴⁻¹⁷ On these grounds, the reason why the apical third is not affected may be inferred: because the instruments are not usually in contact with the apical zone, different from the cervical and middle canal thirds, which in most cases coincide with the beginning or body of the curvature.

Several studies comparing the ProTaper Universal and HERO Shaper rotary instrumentation systems have demonstrated that the latter produces a smaller amount of transportation and a better centering capability in the apical section, which may be due to reduced tapering and lower instrument rigidity if compared with the ProTaper Universal system.⁷ Such finding is similar to the one in this study, in which the absence of canal transportation was observed when using the HERO Shaper mechanized instrumentation system. In contrast, Javaheri et al¹⁸ showed the presence of transportation towards the convex wall of the curvature in the middle and apical thirds, and towards the concave wall in the coronal third when using the HERO Shaper mechanized instrumentation system. However, these results were not statistically significant.

Concerning the RaCe mechanized instrumentation system, our findings suggest a low significant percentage of transportation during observations at 1, 2, 4 and 6 mm from the canal apex. This agrees with the reports by Schafer et al, who demonstrated that canals prepared with RaCe instruments are more capable of maintaining their centricity and their original canal curvature compared with those

preparados con limas ProTaper, especialmente en conductos con curvaturas de 35°;¹⁹ otros autores también han reportado que los conductos radiculares instrumentados con RaCe presentan mayor centrado, en comparación con aquellos preparados con el sistema de instrumentación rotatoria ProTaper Universal.²⁰⁻²³ En contraste, Guelzow y colaboradores, demostraron que todos los sistemas analizados en su investigación (FlexMater, System Gt, HERO 642, K3, ProTaper y RaCe) mantienen la curvatura del conducto radicular, sin encontrar diferencias significativas entre ellos. Así mismo, Paque y colaboradores, reportaron que al comparar la preparación del conducto radicular utilizando instrumentos rotatorios de níquel-titanio RaCe y ProTaper, ambos sistemas respetaron la curvatura original del conducto.⁷

A la luz de nuestros resultados, podemos afirmar que los sistemas rotatorios que permiten hacer la óptima conformación de los conductos finos y con curvaturas de entre 25 y 35°, respetando la anatomía de la curvatura, son los sistema de instrumentación mecanizada HERO Shaper y RaCe, a diferencia del sistema de instrumentación ProTaper Universal, el cual porcentualmente presentó el mayor número de conductos transportados siendo esta diferencia significativa.

CORRESPONDENCIA

Marcela Alcota Rojas
Sergio Livingston 943 Independencia,
Santiago, Chile
Teléfono: 56-02-9781839
Correo electrónico: malcota@u.uchile.cl

prepared with ProTaper files, especially in canals with curvatures of 35°.¹⁹ Other authors have also reported that root canals instrumented with RaCe display higher centering, compared with those instrumented with the ProTaper Universal rotary instrumentation system.²⁰⁻²³ In contradiction with this study, Guelzow et al demonstrated that all the systems analyzed in their research (FlexMater, System Gt, Hero 642, K3, ProTaper and RaCe) conserve the root canal curvature, without any significant differences among them. Similarly, Paque et al reported that when comparing root canal preparation by using RaCe and ProTaper Ni-Ti rotary instruments, both systems leave the canal's original curvature intact.⁷

In the light of our results, we can state that the rotary systems that allow optimal shaping of fine canals with curvatures between 25 and 35°, leaving the anatomy of the curvature intact, are the HERO Shaper and RaCe mechanized instrumentation systems, differently from the ProTaper Universal instrumentation system, which statistically presents the highest number of transported canals with a significant difference.

CORRESPONDING AUTHOR

Marcela Alcota Rojas
Sergio Livingston 943 Independencia,
Santiago, Chile
Telephone: 56-02-9781839
E-mail: malcota@u.uchile.cl

REFERENCIAS / REFERENCES

1. Herrera de Luna AF, Durán J, Guzmán A. Evaluación de la transportación y ensanchamiento *in vitro* del sistema ProTaper. Rev ADM 2004; 61(1): 5-13.
2. Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of ProFile 04 taper series 29 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals: Part 1. Int Endod J 1997; 30(1): 1-7.
3. Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of ProFile 04 taper series 29 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals: Part 2. Int Endod J 1997; 30(2): 8-15.
4. Buchanan LS. The standardized taper root canal preparation-Part 2. File selection and safe handpiece-driven file use. Int Endod J 2001; 34: 63-71.
5. Kum KY, Spångberg L, Cha BY, Il-Young J, Seung-Jong L, Chan-Young L. Shaping ability of three profile rotary instrumentation techniques in simulated resin root canal. J Endod 2000; 26(12): 719-723.
6. Yang GB, Zhou XD, Zheng YL, Zhang H, Shu Y, Wu HK. Shaping ability of progressive versus constant taper instruments in curved root canals of extracted teeth. Int Endod J 2007; 40(9): 707-714.
7. Paque F, Musch U, Hulsmann M. Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary NiTi instruments. Int Endod J 2005; 38 (1): 8-16.
8. Guelzow A, Stamm O, Martus P, Kielbassa AM. Comparative study of six rotary nickel-titanium system and hand

- instrumentation for root canal preparation. *Int Endod J* 2005; 38(10): 743-752.
9. Schneider S. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg* 1971; 32(2): 271-275.
 10. Yang GB, Zhou XD, Zhang H, Wu HK. Shaping ability of progressive versus constant taper instruments in simulated root canals. *Int Endod J* 2006; 39(10): 791-799.
 11. Ounsi HF, Salameh Z, Al-Shalan T, Ferrari M, Grandini S, Pashley DH et al. Effect of clinical use on the cyclic fatigue resistance of ProTaper nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2007; 33(6): 737-741.
 12. Leonardo MR, Leonardo RT. *Sistemas rotatorios en endodoncia: instrumentos de níquel-titanio*. São Paulo: Artes Médicas, 2002.
 13. West J. Progressive taper technology: rationale and clinical technique for the new ProTaper Universal System. *Dent Today* 2006; 25(12): 64, 66-69.
 14. Cheung GS, Peng B, Bian Z, Shen Y, Darvell BW. Defects in ProTaper S1 instruments after clinical use: fractographic examination. *Int Endod J* 2005; 38(11): 802-809.
 15. Wei X, Ling J, Jiang J, Huang X, Liu L. Modes of failure of ProTaper nickel-titanium rotary instruments after clinical use. *J Endod* 2007; 33(3): 276-279.
 16. Peng B, Shen Y, Cheung GS, Xia TJ. Defects in ProTaper S1 instruments after clinical use: longitudinal examination. *Int Endod J* 2005; 38(8): 550-557.
 17. Guilford WL, Lemons JE, Eleazer PD. A comparison of torque to fracture rotary files with tips bound in simulated curved canal. *J Endod* 2005; 31(6): 468-470.
 18. Javaheri HH, Javeheri GH. A comparison of three Ni-Ti rotary instruments in apical transportation. *J Endod* 2007; 33(3): 284-286.
 19. Schafer E, Vlassis M. Comparative investigation of two rotary nickel-titanium instruments: ProTaper v/s RaCe. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. *Int Endod J* 2004; 37(4): 229-238.
 20. Ozurg Uyanik M, Cehreli ZC, Ozgen Mocan B, Tasman Dagli F. Comparative evaluation of three nickel-titanium instrumentation systems in human teeth using computed tomography. *J Endod* 2006; 32(7): 668-671.
 21. Schafer E, Vlassis M. Comparative investigation of two rotary nickel-titanium instruments: ProTaper versus RaCe. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J* 2004; 37(4): 239-248.
 22. Al-Sudani D, Al-Sudani S. A comparison of the canal centering ability of ProFile, K3, and RaCe Nickel-Titanium rotary systems. *J Endod* 2006; 32(12): 1198-1201.
 23. Rangel S, Cremonese R, Bryant S, Dummer P. Shaping ability of RaCe rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. *J Endod* 2005; 31: 460-463.