Evaluación de la conformación de conductos curvos simulados con los sistemas ProTaper Universal, Light Speed Extra y Mtwo

F. Balandrano Pinal[1], R. Hilú[2], A. Pérez[3]

[1]Profesor Adscrito a la Cátedra de Endodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Maimónides (México). [2] rofesor Titular Cátedra de Endodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Maimónides (Argentina). [3]Profesora Adjunta de Bioestadística de la Universidad Maimónides (Argentina)

Correspondencia: Avda Pueyrredón 709 3º F, 1032 Buenos Aires (Argentina). Email: rehilu@intramed.net

RESUMEN

Objetivo: El objetivo de este estudio realizado *in vitro* fue evaluar y comparar la conformación de conductos curvos simulados en bloques de resina acrílica de tres diferentes sistemas de instrumentación rotatoria.

Material y métodos: Se utilizaron 75 conductos simulados en bloques de acrílico con una curvatura de 36.26º y un radio de 5 mm y se instrumentaron con tres sistemas rotatorios de níquel titanio diferentes con el objetivo de observar la eficacia de cada uno de ellos siguiendo los siguientes parámetros: Pérdida de longitud de trabajo, bloqueo del conducto, formación de escalones, transportación apical, formación de codos, perforaciones y fractura de instrumentos.

Se formaron 3 grupos: Grupo I ProTaper (n=25), Grupo II Light Speed Extra (n=25) y Grupo III Mtwo (n=25).

Resultados: Los resultados obtenidos mostraron en los eventos considerados que hubo diferencias significativas en cuanto a la cantidad promedio de accidentes por modelo entre los tres métodos empleados, resultando el grupo III correspondiente al sistema Mtwo el de mejor desempeño y el grupo II, correspondiente al sistema Light Speed Extra el de peor desempeño ($p < 0.01$).

Conclusiones: En las condiciones en que fue realizado este estudio, los conductos simulados en bloques de resina acrílica preparados con el sistema de instrumentación mecanizada Mtwo obtuvieron el mejor resultado comparado con los sistemas Protaper Universal y Light Speed Extra ($p < 0.01$).

PALABRAS CLAVE

Endodoncia; Preparación quirúrgica mecanizada; Sistema rotatorio ProTaper; Sistema rotatorio Mtwo.

ABSTRACT

Objective: *The objective of this in vitro study was to evaluate and compare in resin blocks the shape of simulated curved canals of three different rotatory instrumentation systems.*

Materials and Methods: *Seventy five simulated canals in resin blocks with a curve of 36.26º and a 5mm radius were instrumented with three different nickel titanium rotatory systems to observe the efficiency of each one following the next parameters: loss of working length, canal blockage, ledge formations, apical transportation, elbow formations, perforations and instrument fractures.*

The seventy five resin blocks were divided into three groups: Group I ProTaper (n=25), Group II Light Speed Extra (n=25) y Group III Mtwo (n=25).

Results: *The results showed significant differences in the accident's average range by comparing the three different used methods, resulting group III, the Mtwo system, the one with the best performance and group II, the Light Speed Extra, the one with the worst performance.*

Conclusions: *In this study conditions, the simulated canals in resin blocks prepared with the Mtwo instrumentation system obtained the best results compared with the Protaper Universal and Light Speed Extra instrumentation systems ($p < 0.01$).*

KEY WORDS

Endodontics; Surgical Mechanic Preparation; ProTaper Rotatory System; Mtwo Rotatory System.

INTRODUCCIÓN

Una adecuada conformación y limpieza del conducto radicular son los principales objetivos de la instrumentación endodóntica. La preparación del conducto radicular se realiza mediante la instrumentación mecánica complementada con la irrigación[1,2]. Una correcta conformación permite la penetración de las soluciones irrigantes hasta el tercio apical, el ingreso de la medicación intraconducto y facilita una correcta obturación.

Son los conductos radiculares con curvatura apical los que presentan mayor probabilidad de producir accidentes operatorios[3].

A tal fin se han realizado numerosos esfuerzos en la búsqueda de instrumentos y técnicas de preparación quirúrgica para minimizar los riesgos de producir accidentes. La utilización de instrumentos fabricados en aleación níquel titanio y su inclusión en los sistemas de preparación mecanizados ha constituido un avance de la endodoncia actual, al mejorar la instrumentación, reducir el tiempo de trabajo, la fatiga y el estrés del operador.

La idea de utilizar instrumentos rotatorios para realizar el tratamiento de conductos no es reciente. Rollins en 1889 desarrolló la primera pieza de mano diseñada para la automatización del tratamiento de conductos que utilizaba limas con un giro de 360º[4].

A partir de entonces se desarrollaron varios sistemas con el fin de mejorar la instrumentación endodóntica sin obtener resultados favorables debido principalmente a que se utilizaban con limas de acero inoxidable, carentes de la flexibilidad necesaria para trabajar eficientemente con movimientos rotatorios en presencia de conductos curvos.

El sistema Protaper Universal (Dentsply Maillefer, Baillegues, Suiza) consta de 6 limas, tres de conformación, la SX, S1y S2 con diámetros en la punta D1 de 0.19, 0.17 y 0.20 mm y cinco limas de acabado, la F1, F2, F3, F4 y F5 con diámetros en la punta D1 de 0.20, 0.25, 0.30, 0.40 y 0.50 mm respectivamente, diseñados para la preparación del tercio apical[5].

El sistema Ligthspeed Extra (Light Speed Technology Inc. San Antonio, Texas, USA), consta de limas que van de la #20 a la #130, con la inclusión de una lima #65. La característica principal de este sistema es que la parte activa solo se encuentra en la punta de la lima y por lo tanto, se utiliza un determinado número de limas a longitud de trabajo de acuerdo al diámetro apical deseado y después se utilizan en retroceso con el fin de crear una conicidad que permita la obturación del conducto[6].

De reciente aparición en el mercado, el sistema Mtwo (VDW, Munich, Alemania) posee una secuencia básica de 4 instrumentos con calibres en la punta (D1) que van del 10 al 25, con una conicidad que varía según el instrumento. El calibre en D1 y la conicidad correspondiente son las siguientes: 10 .04, 15 .05, 20 .06 y 25 .06. También tiene una segunda secuencia con los siguientes calibres y conicidades: 30 .05, 35 .04, 40 .04 y 25 .07. Según las especificaciones del fabricante, el diseño de las limas permite que trabajen desde el inicio a lo largo de toda la longitud de trabajo hasta llegar al diámetro apical deseado[7].

El objetivo de este estudio realizado *in vitro* fue evaluar y comparar la conformación de conductos curvos simulados en bloques de resina acrílica de tres diferentes sistemas de instrumentación rotatoria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar la experiencia se emplearon 75 conductos simulados en bloques de resina acrílica transparente (Flex-Master, VDW, Munich, Alemania) con una curvatura de 36.26º, un radio de 5 mm y 20 mm de longitud. Se comprobó visualmente la permeabilidad de cada conducto mediante una lima manual Flex R #10 (Miltex, Alemania) introduciéndola en cada conducto a 20.5 mm.

Todos los bloques de acrílico fueron fotografiados en las mismas condiciones con una cámara digital (Canon Power Shot S3 LS de 6.0 megapixeles Canon Inc. Japón) montada en un posicionador fabricado expresamente. Luego se realizó una instrumentación manual previa con limas Flex R # 10 y .15 (Miltex, Alemania) con un movimiento de Fuerzas Balanceadas[8] hasta la longitud de trabajo (LT) establecida de 19 mm. Los bloques de resina fueron rotulados y divididos al azar en tres grupos denominados I, II y III de 25 cada uno.

Los conductos simulados fueron instrumentados por un solo operador, adiestrado especialmente en las técnicas de preparación de cada uno de los sistemas. En todos los casos se respetó la técnica recomendada por los fabricantes (Haría falta alguna referencia). Se utilizó un juego de limas nuevas por cada 5 conductos simulados instrumentados, con un total de 5 juegos de limas por cada grupo. La permeabilidad de cada conducto simulado fue mantenida y corroborada con el empleo de una lima Flex R #10 en la secuencia de instrumentación de cada sistema.

En todos los casos se empleó glicerina[9] como lubricante y se irrigó profusamente con agua destilada mediante una jerin-

Tabla 1 **Detalle de la secuencia de instrumentación aplicada a cada sistema**

Sistema ProTaper		*Sistema Light Speed Extra*		*Sistema Mtwo*	
Instrumento	*Longitud*	*Instrumento*	*Longitud*	*Instrumento*	*Longitud*
S1	Tercios coronal y medio	20	19 mm (LT)	10/04	19 mm (LT)
SX	Tercio coronal	25	19 mm (LT)	15/05	19 mm (LT)
S1	19 mm (LT)	30	19 mm (LT)	20/06	19 mm (LT)
S2	19 mm (LT)	35	19 mm (LT)	25/06	19 mm (LT)
F1	19 mm (LT)	40	19 mm (LT)	30/05	19 mm (LT)
F2	19 mm (LT)	45	15 mm	35/04	19 mm (LT)
F3	19 mm (LT)	50	12 mm	40/04	19 mm (LT)
F4	19 mm (LT)	55	9 mm		
		60	6 mm		
		65	3 mm		

ga de vidrio (BD, Brasil) y una aguja Navy Tip (Ultradent, USA) después de utilizar cada instrumento manual o rotatorio.

La longitud de trabajo establecida para la preparación de todos los conductos simulados fue de 19 mm. El detalle de la secuencia de instrumentación empleada en cada grupo puede observarse en la Tabla 1.

Los 75 conductos simulados fueron divididos al azar en tres grupos de igual tamaño.

Grupo I: Los conductos simulados fueron instrumentados con el sistema ProTaper Universal hasta una lima F4 a 19 mm Con un motor marca "Aséptico" modelo AEU-25 (Aséptico Inc. USA) en el programa Nº. 4 diseñado expresamente para utilizar el sistema ProTaper, accionado con una pieza de mano MicroNiti, (Anthogyr, Francia).

Grupo II: Los conductos simulados fueron instrumentados con el sistema LSX hasta un instrumento # 40 a 19 mm. Se utilizó una pieza de mano EndoPal (Discus Dental, USA) programada a 2,500 rpm.

Grupo III: Los 25 conductos simulados fueron preparados con el sistema Mtwo hasta la lima #40/04 a una longitud de 19 mm y se utilizó un motor VDW Silver (VDW, Munich, Alemania) en el programa Mtwo accionado por una pieza de mano Sirona (Sirona Dental Systems, Bensheim, Alemania).

Luego todos los bloques de acrílico fueron fotografiados en las mismas condiciones preoperatorias, y de este modo cada conducto simulado instrumentado fue comparado con su forma inicial. Las imágenes digitalizadas fueron almacenadas en una computadora notebook (Sony Vaio PCG-K 45F, Sony Corporation, China) y se clasificaron únicamente como pertenecientes a los grupos I, II y III sin mencionar el sistema de instrumentación utilizado en cada grupo. Las imágenes digitalizadas preoperatorias y postoperatorias fueron comparadas. Además fueron observados con un microscopio óptico estereoscópico (ICB, Grupo ICB, México) a 40 aumentos.

Los eventos analizados en cada uno de los conductos simulados producidos por la instrumentación mecanizada fueron:

1. Pérdida de la longitud de trabajo: pérdida de +/- 0.5 mm.
2. Bloqueo del conducto: cuando una obstrucción impidió el avance del instrumento.
3. Escalón: deformación de la pared del conducto visualizado microscópicamente.
4. Transportación apical: desviación del conducto a expensas de la pared externa en el tercio apical.
5. Codo: estrechamiento del conducto antes del extremo apical.
6. Perforación: cuando se conformó un segundo conducto.
7. Fractura de instrumento.

Para cada grupo se contabilizó la cantidad total de accidentes por conducto. Los datos se estudiaron mediante análisis de la varianza de un factor. La incidencia de las variables evaluadas fue registrada y analizadas estadísticamente con la prueba de análisis de la varianza de un factor. Los datos debieron ser transformados aplicando la raíz cuadrada a fin de verificar los supuestos del modelo. La normalidad de los residuos se verificó mediante el empleo de la prueba de Shapiro-Wilks mientras que la homogeneidad de varianzas se estudió mediante la prueba de Levene. Los métodos fueron comparados mediante la prueba de Tukey. Para cada tipo de accidente se comparó la prevalencia en los tres métodos mediante la prue-

Tabla 2 **Comparación de la cantidad de accidentes por modelo en los tres métodos estudiados**

	Cantidad de accidentes por pieza			
	Grupo I	*Grupo II*	*Grupo III*	*p*
Promedio	1,36	2,36	0,44	< 0.01
Desvío estándar	0,95	1,29	0,96	
Rango	0-3	0-4	0-4	
n	25	25	25	

ba chi-cuadrado. La asociación entre accidentes se analizó mediante el coeficiente V de Cramer. Se consideraron significativas aquellas pruebas con un valor de $p < 0.05$. Los datos fueron analizados utilizando el software Infostat (Universidad de Córdoba, Argentina).

RESULTADOS

Los resultados obtenidos mostraron en los eventos considerados que hubo diferencias significativas en cuanto a la cantidad promedio de accidentes por modelo entre los tres métodos empleados (Tabla 2), resultando el grupo III correspondiente al sistema Mtwo el de mejor desempeño y el grupo II, correspondiente al sistema Light Speed Extra el de peor desempeño ($p < 0.01$).

La comparación de la prevalencia de cada tipo de accidente operatorio en los tres grupos estudiados puede observarse en la Tabla 3. Los accidentes operatorios más comunes fueron el bloqueo y la pérdida de la longitud de trabajo y el más inusual fue la perforación.

En cuanto a la comparación entre los grupos, se detectaron diferencias significativas para la prevalencia de bloqueo, pérdida de la longitud de trabajo y escalón ($p< 0.01$), mientras que para los otros tipos de accidentes las diferencias entre los grupos no fueron significativas (Tabla 2).

El grupo II, correspondiente al sistema Light Speed Extra fue el que presentó mayor prevalencia de accidentes con respecto a los otros grupos estudiados. Presentó en los conductos simulados una producción de bloqueos del 68%, una pérdida de la longitud de trabajo del 52% y presencia de escalones en el 28% de los casos.

En cuanto a la asociación entre los accidentes operatorios, se observó una asociación positiva entre la presencia del codo y la transportación para los tres grupos estudiados (V de Cramer 0.32, 0.43 y 0.71 para los grupos I, II y III respectivamente).

DISCUSIÓN

Este estudio evaluó la conformación de conductos curvos simulados en bloque de resina acrílica de tres diferentes sistemas de instrumentación rotatoria hasta un diámetro apical #.40 en iguales condiciones estrictamente controladas *in vitro*[3,10,11].

Las variaciones en la forma del conducto radicular antes de la preparación influyen en los cambios durante la preparación más que la técnica por si misma. Por lo tanto los efectos de los instrumentos radiculares en la anatomía del conducto deben considerar detalles sobre la forma preoperatoria del mismo[12]. Los bloques de resina acrílica transparente permiten probar los instrumentos usando conductos simulados estandarizados, suprimiendo una variable difícil de controlar

Tabla 3 **Frecuencia de cada tipo de accidente en los tres métodos**

	Cantidad de accidentes por método (%)				
Tipo de accidente	*Grupo I*	*Grupo II*	*Grupo III*	*Total*	*p*
Bloqueo	5 (20%)	17 (68%)	1 (4%)	23	< 0.01
Pérdida de LT	7 (28%)	13 (52%)	2 (8%)	22	< 0.01
Codo	7 (28%)	7 (28%)	3 (12%)	17	NS
Transportación	4 (16%)	7 (28%)	3 (12%)	14	NS
Fractura	6 (24%)	3 (12%)	1 (4%)	10	NS
Escalón	3 (12%)	7 (28%)	0 (0%)	10	< 0.02
Perforación	2 (8%)	5 (20%)	1 (4%)	8	NS
Total	34	59	11	104	

al emplear dientes humanos, permite evitar variaciones inherentes a la forma del conducto radicular y valorar la conformación preoperatoria y posoperatoria. Tienen una dureza inferior o similar a la dentina humana y el calor generado durante la rotación de los instrumentos reblandece el acrílico, tendiendo a producir un empaste y bloqueo a pesar de la irrigación. Debido a esto, se somete a los instrumentos a una prueba de máximo rendimiento, marcando la tendencia extrema del instrumento y permitiendo la visualización por transparencia de los resultados de la instrumentación[13].

En este estudio se eligieron tres diseños diferentes de instrumentos rotatorios en cada uno de los cuales el fabricante sugiere una manera de uso distinta. El sistema ProTaper Universal utiliza una técnica de preparación corono apical, el sistema LSX primero instrumenta a lo largo de toda la longitud de trabajo y luego termina la preparación en retroceso y el sistema Mtwo utiliza invariablemente todos los instrumentos a la longitud de trabajo.

El calibre de la instrumentación necesario para lograr una buena limpieza apical es un tema controversial. El hipoclorito de sodio es un efectivo solvente tisular, pero no más allá de los últimos 5 mm apicales si la instrumentación apical no es muy amplia[14]. La penetración de la solución irrigadora al tercio apical de los conductos y la remoción de restos dependen del diámetro del último instrumento utilizado en el conducto radicular[15]. Existe consenso en que para lograr los objetivos de la irrigación en el área apical, esta debe ser instrumentada como mínimo hasta el diámetro de una lima ISO .30[16,17], aunque también se considera que la penetración de la aguja y el volumen de la solución irrigante no son factores decisivos en la limpieza del conducto y que la eliminación de detritus es mas efectiva si se instrumenta hasta una lima ISO .40[18,19]. Debido a esto los instrumentos fueron sometidos a condiciones difíciles y extremas de trabajo al utilizarlos hasta un calibre apical # 0.40 en el caso del sistema Light Speed Extra y el sistema Mtwo y hasta una lima F4 en el caso del sistema ProTaper Universal en conductos simulados con curvaturas de 36.26º y un radio de 5 mm.

Con el sistema Protaper Universal el accidente operatorio más frecuente fue la pérdida de la longitud de trabajo (28%) y el codo (28%), seguido de la fractura de instrumentos (24%), el bloqueo (20%), la transportación (16%), el escalón (12%) y la perforación (8%). Este sistema tuvo un 30% de accidentes operatorios, sobre el total evaluado para los tres grupos. La rotura inesperada de los instrumentos rotatorios de níquel titanio dentro del conducto radicular durante el tratamiento endodóntico constituye una seria preocupación clínica, pues los instrumentos pueden sufrir la fractura dentro de su límite elástico sin ninguna señal visible de deformación. La fractura de seis instrumentos en este grupo podría atribuirse a que la masa de metal tiene un punto de máxima concentración de tensión que podría afectar la resistencia por fatiga cíclica de los instrumentos rotatorios de níquel titanio. A mayor volumen de metal más bajo sería la resistencia de fatiga cíclica[20]. Hay que remarcar que de de los seis instrumentos fracturados, tres fueron F2, aunque en otros estudios tuvieron la resistencia de fatiga más alta, pero en conductos rectos comparados con conductos curvos[21,22].

Las diferencias en las propiedades físicas y el comportamiento de los instrumentos pueden atribuirse a las la aleación del metal en que están construidos o al diseño de los mismos[23]. La flexibilidad es una propiedad de suma importancia en un instrumento rotatorio, el sistema Light Speed Extra es el que posee mayor flexibilidad, sin embargo en este estudio fue el que obtuvo el desempeño mas pobre en la conformación del conducto simulado. Esto indicaría que no es suficiente que los instrumentos rotatorios estén fabricados con una aleación de metal flexible y remarcaría la importancia del diseño del instrumento al influir decididamente en el comportamiento dentro del conducto radicular. Los conductos simulados instrumentados con el sistema Light Speed Extra tuvieron en orden decreciente los siguientes porcentajes de accidentes, presencia de bloqueo (68%), pérdida de la longitud de trabajo (52%), codo (28%), transportación (28%), escalón (28%), perforación (20%) y fractura de instrumentos (12%). La alta incidencia de bloqueos y pérdida de la longitud de trabajo podría atribuirse a la propia inercia del movimiento rotatorio, que tiende a impulsar al instrumento a través del foramen[11]. La curvatura del conducto radicular es la variable más importante que afecta la formación de escalones, esto resulta a menudo cuando las limas trabajan más cortas en relación a la longitud del conducto y comienza bloquearse en ese punto[24], favoreciendo la aparición de ambos accidentes operatorios. Esto podría explicar la alta incidencia en este grupo. No obstante esto no sucedió en la misma proporción en los otros dos grupos, por lo que podríamos atribuir este accidente exclusivamente al diseño del instrumento y además resulta llamativo que al estar diseñado especialmente para la instrumentación apical haya tenido un resultado tan pobre con un total del 56% de los accidentes de todos los grupos estudiados.

Para el sistema Mtwo el accidente operatorio más frecuente fue el codo (12%), la transportación (12%), la pérdida de la lon-

gitud de trabajo (8%), iguales porcentajes para el bloqueo, la fractura de instrumentos (1%) y ninguna perforación. De los tres grupos estudiados fue el que tuvo el mejor resultado con tan sólo un 9% del total de accidentes operatorios. Es interesante remarcar que este buen desempeño en la preparación de los conductos simulados estaría asociado a la eficiencia de corte[25] y al diseño del instrumento que favorecerían la capacidad del mismo de permanecer centrado durante la preparación[9]. El sistema Mtwo propone una técnica de instrumentación con un planteo diferente al de la mayoría de los sistemas rotatorios que utilizan instrumentos de níquel titanio. La preparación simultánea de todo el conducto radicular favorecería un desempeño más equilibrado del instrumento en su accionar sobre las paredes radiculares y no los somete a fuerzas excesivas a pesar de la conicidad ampliada.

CONCLUSIONES

En las condiciones en que fue realizado este estudio, los conductos simulados preparados con el sistema de instrumentación mecanizada Mtwo obtuvo el mejor resultado comparado con los sistemas Protaper Universal y Light Speed Extra.

Hay que destacar que a pesar de que todos los sistemas rotatorios utilizados en este estudio fueron fabricados con aleaciones de níquel titanio, el comportamiento de los instrumentos dentro de los conductos simulados fue diferente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Spratt D y cols. An *in vitro* evaluation of the antimicrobial efficacy of irrigants on biofilms of root canal isolates. Int Endod J 2001; 34:300-7.
2. Siquiera J y cols. Antibacterial effects of endodontics irrigants on black-pigmented gram-negative anaerobes and facultative bacteria. J Endod 1998;24:414-6.
3. Weine G, Nelly R, Lio J. The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. J Endod 1975;1:255-62.
4. Hülsmann M, Peters O, Dummer P. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. Endodontic Topics 2005;10:30-76.
5. West J. Progressive taper technology: rationale and clinical technique for the new ProTaper universal system. Dent Today 2006;25 (12):64, 66-9.
6. Iqbal M y cols. Comparison of LightSpeed LS1 and LightSpeed LSX NiTi Rotary Instruments in Apical Transportation and Length Control in Simulated Root Canals. J. Endodon 2007;(33)3: 268-271.
7. Malagnino V, Passariello P, Sorci E. Preparazione endodontica die canali ovalari: confronto fra tre tecniche," Giornale Italiano di Endodonzia 2004;142–146.
8. Roane J, Sabala C, Duncanson M. The balanced force concept for instrumentation of curved canal. J Endodon 1985;11:203-11.
9. Schäfer E, Erler M, Dammaschke T. Comparative study on the shaping ability and cleaning efficiency of rotary Mtwo instruments. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. Int Endodon J 2006;39: 196-202.
10. Bryant ST y cols. Shaping ability of .04 and .06 taper Profile rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Int Endod J 1999;32: 155-64.
11. Pruskin E, Hilú R. Instrumentación mecanizada: Conformación de conductos curvos simulados con los sistemas Quantec, ProFile y la pieza de mano endodóntica M4 RAOA 2002;90:9-14.
12. Peters O y cols. Changes in Root Canal Geometry after Preparation Assessed by High-Resolution Computed Tomography. J Endodon 2001;(27)1:1-6.
13. Hilú R. Utilización de conductos simulados en bloques de resina acrílica como modelo experimental. RAOA 2007;95(4):453-56.
14. Senia E, Marshall F, Rosen S. The solvent action of sodium hypochlorite on pulp tissue of extracted teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1971;31:96-103.
15. Baugh D, Wallace J. The role of apical instrumentation in root canal treatment: a review of the literature. J Endod 2005;31:333-40.
16. Shuping G y cols. Reduction of intracanal bacteria using nickel-titanium rotary instrumentation and various medications. J Endodon 2000;26:751–5.
17. Orstavik D, Kerekes K, Molven O. Effects of extensive apical reaming and calcium hydroxide dressing on bacterial infection during treatment of apical periodontitis: a pilot study. Int Endod J 1991;24:1–7.
18. Usman N, Baumgartner J, Marshall J. Influence of Instrument Size on Root Canal Debridement. J Endodon 2004;30(2):110-112
19. Albrecht L, Baumgartner J, Marshall J. Evaluation of Apical Debris Removal Using Various Sizes and Tapers of ProFile GT Files. J Endodon 2004;30(6):425-428.
20. Grande y cols. Cyclic fatigue resistance and three-dimensional analysis of instruments from two nickel–titanium rotary systems. International Endodontic Journal 2006;39:755-763.
21. Pruett J, Clement D, Carnes. Cyclic fatigue of nickel-titanium endodontic instruments. J Endod 1997;23:77-85.
22. Schrader C, Peters O. Analysis of torque and force with differently tapered rotary endodontic instruments *in vitro.* J Endodon 2005;31:120-3.
23. Ounsi H y cols. Quantitative and qualitative elemental analysis of different nickel titanium rotary instruments by using scanning electron mcroscopy and energy dispersive spectroscopy. J Endodon 2008;(34)1:53-55.
24. Jafarzadeh H, Abbott P. Ledge Formation: Review of a Great Challenge in Endodontics. J Endod 2007;(33)10:1155-1162.
25. Schäfer E, Oitzinger M. Cutting Efficiency of Five Different Types of Rotary Nickel–Titanium Instruments.Journal of Endodontics 2008;(34) 2:198-200.