



**COMPARACIÓN DEL BARRO DENTINARIO RESIDUAL EN
CONDUCTOS RADICULARES PREPARADOS CON
INSTRUMENTACIÓN ROTATORIA, CON Y SIN LA APLICACIÓN DE
GLYDE®. ESTUDIO ALEATORIO IN VITRO.**

Trabajo de Investigación requisito para optar al Título de Cirujano Dentista

Alumnos: Felipe Nenen Durante
Erika Peschke Sanhueza

Docente Guía: Prof. Dr. Gastón Zamora Álvarez
Cátedra de Endodoncia

Valparaíso – Chile
2010

ÍNDICE

I. Introducción.....	1
II. Marco teórico.....	3
1. Instrumentación con sistemas rotatorios.....	3
1.1. Ventajas de la instrumentación rotatoria.....	3
2. Instrumentos basados en Ni-Ti.....	5
2.1. Características de la aleación Ni-Ti.....	5
2.1.1. Biocompatibilidad y resistencia a la corrosión.....	5
2.1.2. Memoria de forma y superelasticidad.....	6
2.1.2.1. Proceso macroscópico y microscópico de efecto de memoria de forma.....	6
2.1.2.2. Superelasticidad.....	9
2.2. Incidencia a la fractura.....	10
2.2.1. Fractura por torsión.....	10
2.2.2. Fractura por flexión.....	10
3. Sistema Protaper®.....	12
3.1. Shaping files.....	13
3.2. Finishing files.....	14
4. Anatomía de los incisivos inferiores humanos.....	17
5. Barro dentinario.....	18
5.1. Composición.....	18
5.1.1. Componente orgánico.....	18
5.1.2. Componente inorgánico.....	18
5.2. Efectos del barro dentinario en el conducto radicular e implicancias clínicas.....	19
6. Quelantes.....	21
6.1. Mecanismo de acción.....	21
6.2. Funciones.....	22
6.3. Soluciones quelantes utilizadas.....	22
6.3.1. EDTA.....	22
6.3.2. Quelantes de consistencia viscosa.....	23
6.3.2.1. Rc-prep.....	23
6.3.2.2. Glyde®.....	24
6.4. Interacción con hipoclorito de sodio.....	24
III. Hipótesis y objetivos.....	26
IV. Materiales y Métodos.....	27
V. Resultados.....	35

VI. Discusión.....	43
VII. Conclusiones.....	49
VIII. Sugerencias.....	50
IX. Resumen.....	51
X. Referencias bibliográficas.....	52

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la endodoncia no quirúrgica, tiene una tasa de éxito superior al 90%. Esto, se debe en gran parte, a la evolución que han tenido los biomateriales, instrumentos y técnicas en la ejecución de la preparación biomecánica de los conductos radiculares.

Tanto la introducción de la instrumentación mecanizada, como la aparición de limas basadas en Níquel-Titanio, han revolucionado la endodoncia contemporánea. La raíz de su éxito reside en hacer la técnica de preparación de los conductos radiculares más sencilla, sin embargo, no impiden la formación de barro dentinario residual.

El barro dentinario se define como una película superficial de detritus retenido en la dentina u otra superficie tras la instrumentación con instrumental rotatorio o manual. Consiste en partículas de dentina, remanente de tejido pulpar vital ó necrótico, componentes bacterianos e irrigantes remanente. Es de vital importancia eliminar, mediante irrigación y medicación, a las bacterias y sus subproductos presentes, pues al tener la capacidad de albergarse en él, pueden comprometer el éxito del tratamiento endodóntico.

Son las propiedades biológicas, químicas y mecánicas de la sustancia irrigadora, las que permiten dejar una superficie radicular permeable para el paso de medicamento, requisito fundamental para la desinfección y obturación del canal radicular.

La tendencia actual es el uso de cementos selladores basados en resina con ellos se busca un sellado óptimo en toda la longitud radicular. Para lograr una adhesión lo más cercana a la alcanzada con técnicas adhesivas restauradoras, uno de los factores primordiales para ello, es eliminar adecuadamente el barro dentinario residual.

Para la adecuada eliminación del barro dentinario, la literatura actual, respalda el empleo de hipoclorito de sodio y EDTA, para la desintegración del tejido orgánico e inorgánico respectivamente.

Los quelantes basados en ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) han sido modificados en el tiempo, y hoy en día, es común el uso de un quelante de consistencia viscosa, como Glyde[®], a modo de complemento en la instrumentación mecanizada. La justificación de su empleo es la de facilitar la acción de los instrumentos rotatorios de Níquel Titanio, al producir el reblandecimiento y lubricación de la superficie dentinaria, durante la preparación biomecánica de los conductos. Sin embargo, la utilización de quelantes basados en gel, como coadyuvante a la irrigación convencional, podría producir la acumulación de más barro dentinario, dificultando su eliminación y comprometiendo, de esta manera, el éxito de los tratamientos endodónticos.

La elección del sistema de preparación de conductos Protaper® Universal, se encuentra ampliamente respaldada por la literatura actual, siendo uno de los sistemas de instrumentación rotatoria en base a Níquel-Titanio más utilizado, tanto por cirujanos dentista generales, como especialistas en Endododoncia.

Existen pocos trabajos que comparan el barro dentinario residual generado por las limas Protaper® Universal. Entre estos, pocos evalúan el comportamiento de un quelante viscoso, como Glyde®.

Por lo cual, es importante determinar, si realmente, este quelante de consistencia viscosa, nos está entregando un beneficio al facilitar la instrumentación en el canal radicular, o en realidad interfiere en la adecuada eliminación del barro dentinario residual.

Este estudio comparó el barro dentinario residual presente en las paredes de conductos radiculares instrumentados con Protaper® Universal, con y sin la aplicación de Glyde®.

Con los datos obtenidos en esta investigación, el clínico tendrá una sugerencia basada en la evidencia, sobre el aporte real de Glyde®, en la instrumentación de los conductos radiculares.

II. MARCO TEÓRICO

1. Instrumentación con sistemas rotatorios

La instrumentación del sistema de conductos radiculares tiene como objetivo específico limpiar los conductos de restos de tejido pulpar, bacterias y restos tisulares necróticos, y poder brindarles una forma que permita su relleno con material biológicamente inerte (Cohen & Hargreaves, 2008).

Los instrumentos manuales siguen siendo los más utilizados para la preparación biomecánica de los conductos radiculares. Pero los inconvenientes que presentan, sobre todo la falta de flexibilidad, la poca conicidad y la lentitud de trabajo, hacen que con el tiempo se estén abandonando paulatinamente (Cohen & Hargreaves, 2008). Con el objetivo de sustituir la instrumentación manual, surgieron las primeras piezas de mano automatizadas, con limas de acero inoxidable, accionadas mediante micromotor a aire, como el sistema Endo Cursor (1964). Estos sistemas sobrevivieron poco tiempo por la alta tasa de fractura de instrumentos que se producían y la falta de sensibilidad táctil que entregaban, lo que a su vez causaba sobreinstrumentación y dilatación del foramen (Leonardo & De Toledo, 2002).

Buscando solucionar el problema inherente del acero inoxidable empleado junto a sistemas rotatorios y como una necesidad en la implementación de instrumentos que permitieran una instrumentación más segura que conservara la anatomía del conducto, especialmente los severamente curvos, se introdujo en 1980, por Walia, Brantlye y Gerstein, al níquel-titanio en la endodoncia (Leonardo & De Toledo, 2002).

Junto a su uso, se han desatado avances en el diseño de los instrumentos, que incluyen; puntas no activas, superficies radiales, diferentes conicidades y diámetros, que han contribuido a disminuir el tiempo empleado en la preparación biomecánica y a lograr un modelado más adecuado del sistema radicular, manteniendo la curvatura original (Bergmans et al., 2001; Hulsmann et al., 2005).

1.1. Ventajas de la instrumentación rotatoria (Leonardo, 2005, Bergamans et al., 2001).

- Simplicidad de aplicación: después de dominar la técnica, el motor que se emplea y la secuencia de instrumentos rotatorios, los tratamientos de conductos radiculares de molares, antes considerados difíciles, pueden resultar ahora amigables, principalmente para el especialista.

- Rapidez: cada sistema utiliza en promedio 6 instrumentos que permanecen activados en el interior del conducto radicular, por apenas 2 a 5 segundos.
- Reducción del estrés por parte del profesional: especialmente, al facilitar el tratamiento de conductos radiculares de molares.
- Mayor confort para el paciente: un paciente sometido anteriormente a un tratamiento de conductos radiculares de molar por medio de la instrumentación clásica manual, al ser nuevamente tratado, por el sistema rotatorio, se percatará de las diferencias, por ejemplo en el tiempo que deberá permanecer en cada sesión de trabajo.
- Sencillez de aplicación: las secuencias técnicas, que utilizan un menor número de instrumentos, permiten un tratamiento bastante simplificado y rápido.

1. Instrumentos basados en Ni-Ti

En los años sesenta Buehler comenzó a desarrollar aleaciones de Ni-Ti en la marina estadounidense para el programa espacial, creándose aleaciones con distintos porcentajes de ambos metales. La más conocida en el ámbito odontológico es el NITINOL (Níquel-Titanium-Naval-Ordinance Laboratory) que contiene 56% Ti y 44% Ni en peso. Su primer uso en odontología fue para la fabricación de alambres de ortodoncia por Andreasen y Hillerman en 1971 (Thompson et al., 2000).

2.1. Características de la aleación Ni-Ti (Cohen & Hargreaves, 2008; Leonardo & De Toledo, 2002; Chen et al., 2004).

Debe ser manipulada en ambientes ausentes de carbono u oxígeno, pues ambos, pueden cambiar la temperatura de transformación y producir una alteración en las propiedades mecánicas.

2.1.1. Biocompatibilidad y resistencia a la corrosión

Un material se define como biocompatible si no genera ninguna influencia negativa en su ambiente biológico, por ejemplo al no observarse reacciones tóxicas, alérgicas o carcinogénicas. En adición, las propiedades físicas del material no deberían verse afectadas durante el uso en vivo (Widu et al., 1999).

El titanio se clasifica como un material altamente biocompatible, en cambio el níquel como no compatible y tóxico. Es un alérgeno potente y causa reacciones de hipersensibilidad en mayor medida que cualquier otro metal o aleación (Moffa, 1984, citado en Widu et al., 1999).

No obstante, las superficies de la aleación Ni-Ti muestran una tendencia hacia la oxidación del titanio, lo cual resulta en una capa de óxido de titanio (TiO₂). Dicha capa aumenta la estabilidad del cuerpo del material, al protegerlo de la corrosión, además crea una barrera física y química contra la oxidación y liberación de níquel. La eficiencia de esta capa de óxido de titanio depende del modo de oxidación, de la composición, de la estructura y de la rugosidad del material.

Existen estudios tanto in vivo (Ries et al., 2003, Castleman et al., 1981, Ryhänen et al., 1999, citados por Clarke et al., 2006), como in vitro (Ryhänen et al., 1997; Wever et al., 1998; Jia et al., 1999; Bishara et al., 1993; Barrett et al., 1993; citados por Clarke et al., 2006) que indican que de todas formas existe liberación de níquel hacia el exterior. Su salida es muy dependiente de la capa de óxido de TiO₂. Por lo anterior, existen tratamientos de superficie para suprimir estos efectos indeseables, como por ejemplo eliminando las capas débiles de óxido y colocando otras más uniformes.

Así, en el área odontológica se le considera con excelente resistencia a la corrosión y biocompatibilidad (El Medawar et al., 2002, Darabara et al., 2004).

2.1.2. Memoria de forma y superelasticidad

Las aleaciones con memoria de forma (AMF) tienen dos tipos de comportamientos especiales, que en realidad son dos expresiones del mismo fenómeno; la memoria de forma y la superelasticidad.

Las AMF se someten a una transformación martensítica y se presentan bajo dos fases diferentes.

En general, se emplea el término martensita para describir a una estructura de laminillas, sumamente entrelazadas y dispuestas en cortes alternados que conservan la forma general del cristal, que existen a baja temperatura y alto estrés y debido a su estructura presenta una excelente capacidad de absorción de energía y gran resistencia a la fatiga. En contraste, austenita, o fase generatriz, es una estructura cúbica y estable a altas temperaturas y a bajo estrés. Debido a su disposición atómica, al presentarse una AMF a esta temperatura, el material reanuda su forma y dureza original (Pun et al., 2008).

2.1.2.1. Proceso macroscópico y microscópico de efecto de memoria de forma

Una aleación con una forma determinada en estado completo de austenita, es enfriada hasta que todo el material se transforma a martensita. Esta transformación ocurre sin que se produzca cambio de forma macroscópica, pero como esta fase es muy maleable puede ser cambiada fácilmente. Si se varía su forma, ésta se mantiene, mientras el material no vuelva a ser calentado.

Al calentarlo y volverse a producir la transformación a austenita, el material regresa a su forma inicial. (Michelis 2005; Pun et al., 2008).

En la figura 1, en (a) conforme se enfría el material, éste sufre una transformación martensítica. Los granos se autoacomodan de forma tal que se forman imágenes especulares (maclado), es decir, la disposición de los átomos de una región es la imagen reflejada de la región adyacente. En (b) se observa el mantenimiento de la forma macroscópica. En (c) la deformación ocurre por propagación del contorno de maclas, de tal forma, que las más favorablemente orientadas crecen a expensas de las demás (desmaclado). Este proceso se traduce en un cambio de forma exterior del material. El calentamiento posterior de esta martensita deformada sólo tiene la posibilidad de pasar a austenita, lo que implica, y esto es lo fundamental, volver también a la forma exterior original.

Es importante destacar que las temperaturas a las que se producen estas transformaciones varían en función del tipo de aleación, además dada una determinada temperatura el material se presenta con diferentes características.

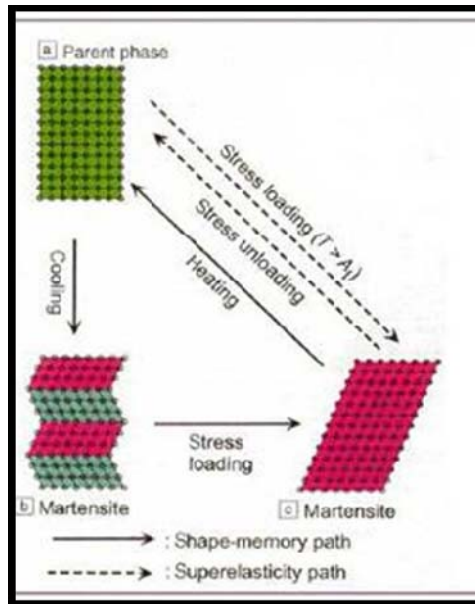


Figura 1.- Proceso microscópico de efecto de memoria de forma.

A un material se le da la forma que se desea en estado austenita, luego se enfría por debajo de M_f . La AMF pasa a martensita, material capaz de recordar la forma a alta temperatura. Es decir, mantiene la forma original, pero es susceptible a ser deformado (figura 2 y 3).

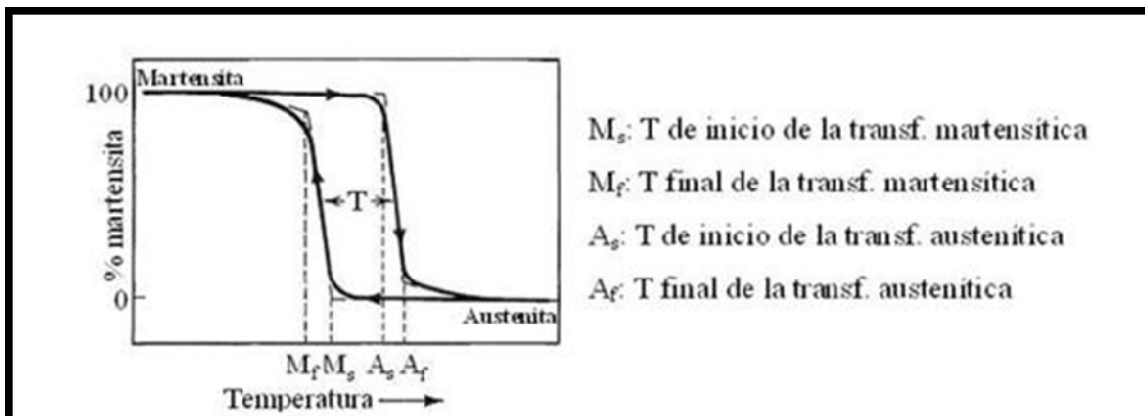


Figura 2.- Estado de las AMF ante diferentes temperaturas.

Mientras la aleación se encuentra entre M_f y A_f no cambia de forma, sólo una temperatura por sobre M_f , hace que la aleación retorne a su forma a alta temperatura.

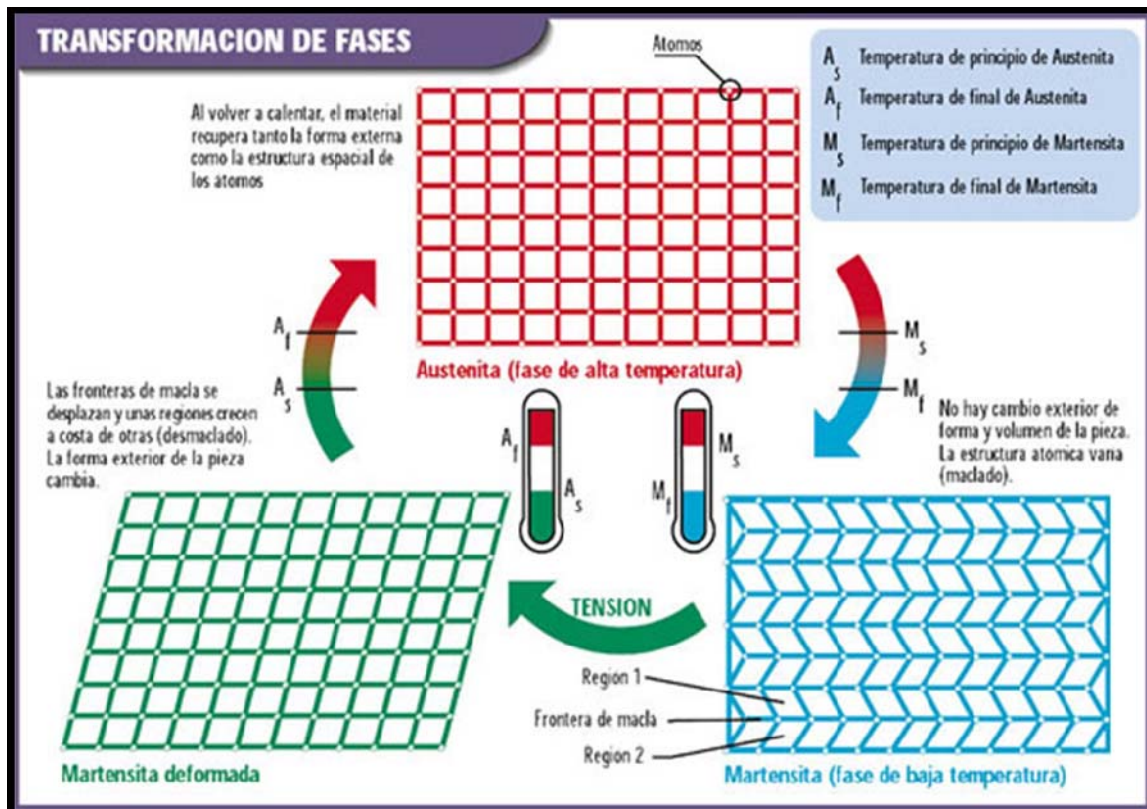


Figura 3.- Diagrama que explica la transformación de fases tomando en cuenta la temperatura y la tensión.

Una aplicación práctica de la transformación de fases es lo que puede ocurrir en las limas de níquel titanio durante su funcionamiento. Una lima de níquel titanio al momento de ser introducida dentro del conducto radicular, a temperatura ambiente, es capaz de adaptarse al mismo, debido a que se encuentra en estado martensita, fase fácilmente deformable. Al actuar dentro del sistema de canales radiculares, en el caso de que se produzca mucha fricción comenzará a subir la temperatura. Si la lima alcanza la temperatura que permite el retorno de ella a su forma inicial (austenita), ésta se trabará dentro del conducto con la posibilidad de que se fracture el instrumento.

2.1.2.2. Superelasticidad



La superelasticidad (figura 4), es la habilidad de una aleación de retornar a su forma original al dejar de ser sometida a tensión, tras ser deformada de forma sustancial. Gracias a esta propiedad pseudoelástica el material puede sobrevivir a la deformación sin alcanzar el límite elástico. Esta característica le permite a los instrumentos de níquel titanio ser curvado varias veces más, que una aleación ordinaria sin ser deformado plásticamente, lo cual intenta evitar la ocurrencia de catastróficas fracturas (Hayashi et al., 2007).

Las aleaciones con esta propiedad pueden deformarse elásticamente hasta un 8% (Bahia et al., 2005).

Además, le permite al instrumento seguir la anatomía del canal, cortando la dentina mediante un movimiento circular (Bergmans et al., 2001). Esta característica, junto a la punta y al diseño, le entrega al instrumento la capacidad de autocentrarse dentro del canal, el cual no está sujeto a las fuerzas recíprocas típicas de los instrumentos de acero inoxidable (Ponti et al., 2002).

A pesar de todos los beneficios que ha conllevado la implementación de este material, los instrumentos rotatorios fabricados en base a esta aleación, aún presentan problemas.

Sapattan et al. (2000), sugirieron que los instrumentos que trabajan en el tercio apical presentan mayor predisposición a la fractura, porque esta región exhibe comúnmente menor diámetro, mayor curvaturas y divisiones.

Prati et al. (2004), reportaron que el instrumental rotatorio Ni-Ti no limpia efectivamente la pared de los canales radiculares, en particular la porción apical de canales curvados. En su estudio evaluó tres sistemas rotatorios diferentes e instrumental manual, concluyendo que ninguno era capaz de remover eficientemente el barro dentinario.

2.2. Incidencia de fractura

A pesar de su flexibilidad incrementada, una de las mayores preocupaciones acerca de este material es la alta incidencia a la fractura (Kavanagh & Lumley 1998).

La fractura puede ocurrir sin ningún signo visible de deformación permanente previa o cambios en la composición del material (Zuolo et al., 1997).

Así se describen fracturas por torsión, por flexión (fatiga cíclica) o por una combinación de ambas (Plotino et al., 2009).

2.2.1. Fractura por torsión

Ocurre cuando un segmento del instrumento, generalmente la punta, es capturado e inmovilizado por las paredes del conducto, sin poder vencer la resistencia de la dentina. Así, al estar sometido a una fuerza torsional por el motor, se excede el límite elástico de la aleación, sufriendo deformación plástica y/o separación (Lopes et al., 2009).

El estrés de torsión ocurre generalmente en tres situaciones clínicas:

- Cuando una superficie extensa del instrumento encuentra excesiva fricción sobre las paredes del conducto.
- Cuando la punta del instrumento es mayor que la sección del conducto.
- Cuando se ejerce demasiada presión hacia apical sobre la pieza de mano.

Shen et al. (2006), analizaron el tipo de fractura más frecuente en los instrumentos Protaper® y determinaron que son más afectados por la fatiga cíclica.

2.2.2. Fractura por flexión (fatiga cíclica)

Es causada por una rotación continua del instrumento, dentro de su límite elástico, en una curvatura, en donde las partes opuestas del instrumento son sujetas a ciclos alternantes de tensión y compresión (Bergmans et al., 2001; Ounsi et al., 2007).

Al iniciarse este fenómeno, el estrés se propaga como cracks a niveles que están por debajo de la resistencia máxima del material bajo una carga estática (Sapattan et al., 2000; Luebke & Brantley, 1991). Por acumulación de ciclos de compresión y tensión sobre un punto del instrumento, es posible la eventual fractura por fatiga (Alapati et al., 2004; Yared et al., 1999).

Los cracks crecen desde un tamaño inicial microscópico hasta un tamaño macroscópico, capaz de comprometer la integridad estructural del material (Pruett et al., 1997).

Si la separación no se produce debido a sobrecargas torsionales estáticas o defectos integrales, los instrumentos van a tener un número promedio de ciclos antes de la fractura. Su lapsus de sobrevida está determinado por parámetros específicos que son; el diámetro del instrumento y el radio y el ángulo del canal, siendo el radio el más significativo (Pruett et al., 1997).

En un estudio (Haikel et al., 1999) sometieron a fatiga cíclica 3 instrumentos rotatorios NiTi y determinaron que al disminuir el radio de la curvatura (es decir canales radiculares con grandes curvaturas), disminuyen significativamente las expectativas de vida del instrumento. Además, se encontró que el radio de la curvatura es el parámetro más significativo como predictor de fractura ante cargas cíclicas.

Wolcott et al. (2006), con los antecedentes de la alta incidencia de separación que presentan estos instrumentos llevaron a cabo un estudio para determinar la cantidad de veces que puede ser usado el sistema Protaper® con seguridad, concluyeron que puede ser reusado al menos cuatro veces, y la lima que se fracturaba más frecuentemente, era F3, por su rigidez.

2. Sistema Protaper® (Dentsply Maillefer)

El sistema Protaper® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) fue desarrollado por los Doctores Pierre Machtou (Universidad de París, Francia); Clifford Ruddle (Santa Bárbara, California, Estados Unidos); John West (Universidad de Washington, Seattle y la Universidad de Boston, Boston Massachussets, Estados Unidos), en cooperación con Dentsply Maillefer. Siendo presentado a la comunidad odontológica en Mayo del 2002, en el Congreso de la Asociación Americana de Endodoncistas, celebrado en Nueva Orleáns (Clauder & Baumann, 2004).

El sistema Protaper® posee dos características fundamentales:

- Sección transversal triangular convexa de aristas redondas (figura 5), y un ángulo de corte ligeramente positivo; con punta activa, pero no agresiva; con un ángulo guía de 60° y una superficie plana del 25%. Los instrumentos rotatorios con esta geometría, poseen mayor capacidad de corte dentinario, por lo tanto, reducen las cargas torsionales (Ruddle, 2002). Sin embargo, un corte más agresivo puede generar un aumento en la transportación del conducto (Ruddle, 2005).
- Presencia de varias conicidades en un solo instrumento, de un 2 a un 19% a lo largo de la superficie cortante (Ruddle, 2005). Este concepto, minimiza el número de instrumentos. Lo anterior, disminuye la carga torsional por la subsecuente reducción de la fricción en la superficie y aumenta la eficiencia de corte (Peters et al., 2003).

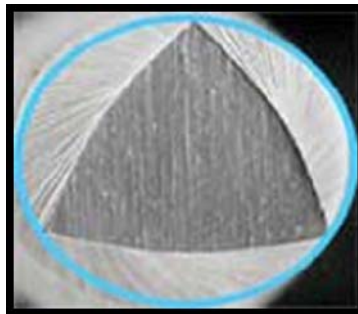


Figura 5.- Sección transversal del instrumento Protaper.

Su ángulo helicoidal e inclinación están balanceados para remover más detritus y para prevenir el efecto de atornillador (Machtou & Webber, 2001).

El set original de Protaper® incluye cinco instrumentos: dos instrumentos para modelado y configuración o “shaping files S1 y S2”; y tres instrumentos para acabado o terminación ó “finishing files F1, F2 y F3”. Luego, se introdujo un sexto instrumento

“shaper file”, SX ó lima auxiliar, con el fin de relocalizar la entrada del conducto, permitiendo un acceso directo a éste, sin interferencias y alejándolo de la furca. Todos los instrumentos se fabrican en 21, 25 y 31 mm. (Leonardo & De Toledo, 2002; Peters et al., 2003; Yun et al., 2003). Ahora último, se introdujeron dos limas, F4 y F5, con las mismas características de las limas de terminación, pero con un D_0 mayor.

3.1. Shaping Files

Aumentan la conicidad a partir de D_0 en dirección al mango, su objetivo, es preparar los dos tercios coronarios del conducto, con una conicidad progresiva y continua. Su utilización en el conducto radicular debe ser con movimientos de pincelado (Leonardo & De Toledo, 2002; Peters et al., 2003; Yun et al., 2003).



Figura 6.- Características generales del instrumento Protaper S1.

S1: posee en D_0 un diámetro de 0,17 mm. En sus 14 mm de porción activa presenta 12 conicidad diferentes de 3% a 12% entre D_1 y D_{14} (figura 6). Está diseñada para preparar el tercio coronario y medio del conducto. Su diámetro máximo es de 1,2 mm. Se trabaja primero el tercio coronario y una vez determinada la longitud de trabajo, se utiliza para alargar el tercio medio.



Figura 7.- Características generales del instrumento Protaper S2.

S2: Posee en D_0 un diámetro de 0,20 mm. En sus 14 mm de porción activa tiene 9 conicidad diferentes desde 2% a 10% entre D_1 y D_{14} (figura 7). Su diámetro máximo es de 1,1 mm. Se utiliza para alargar y preparar el tercio medio y, al igual que S1 aumenta progresivamente el tercio apical.



Figura 8.- Características generales del instrumento Protaper SX.

SX o de configuración auxiliar: posee en D_0 un diámetro de 0,19 mm. Tiene 9 conicidades incrementales de 3% a 12% entre D_0 y D_9 , y una conicidad fija de 2% entre D_{10} y D_{14} (Figura 8). Da una forma óptima a los conductos radiculares cortos. Tiene una longitud de 19 mm con un segmento cortante de 14 mm. Es el sustituto ideal de las fresas Gattes Glidden.

3.2. Finishing files

Se caracterizan, por tener su mayor conicidad en la punta, disminuyendo, ligeramente en dirección hacia el mango. Agrandan de forma progresiva el tercio medio del conducto radicular.

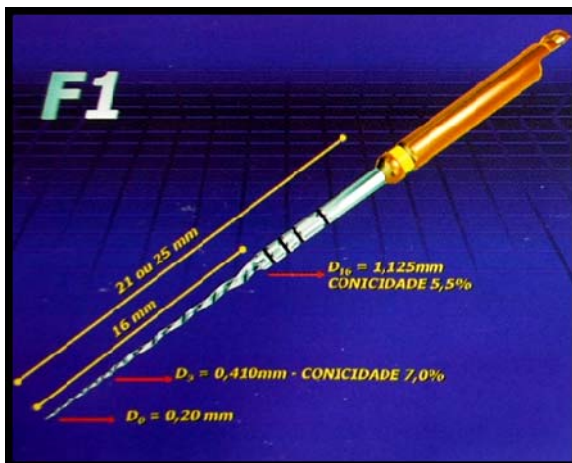


Figura 9.- Características generales del instrumento Protaper F1.

F1: Posee en D_0 un diámetro de 0,20 mm. Para mantener la flexibilidad, este instrumento presenta dos conicidades diferentes, pero invertidas de 7% de D_1 a D_3 , y de 5,5% de D_4 a D_{14} . Su diámetro máximo es de 1,25 mm (figura 9).

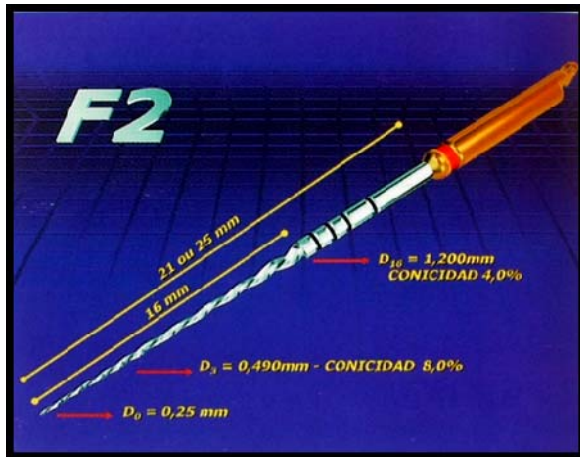


Figura 10.- Características generales del instrumento Protaper F2.

F2: Posee en D_0 un diámetro de 0,25 mm, exhibe dos conicidades diferentes invertidas de 8% en D_1 , y de 4% en D_{14} . Su diámetro máximo es de 1,20 mm (figura 10).

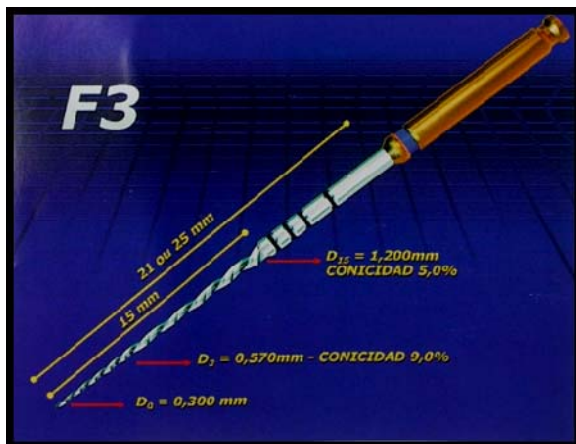


Figura 11.- Características generales del instrumento Protaper F3.

F3: Posee en D_0 un diámetro de 0,30 mm. Presenta dos conicidades diferentes, pero invertidas de 9% en D_1 a D_3 , y de 5% en D_{14} . Su diámetro máximo es de 1,20 mm (figura 11).

F4: Posee en D_0 un diámetro de 0,40 mm, exhibe dos conicidades diferentes invertidas de 7% en D_1 y de 5% en D_{14} . Su diámetro máximo es de 1,20 mm.

F5: Posee en D_0 un diámetro de 0,50 mm, exhibe dos conicidades diferentes invertidas de 8% en D_1 y de 5% en D_{14} . Su diámetro máximo es de 1,20 mm (Leonardo, 2005; Peters et al., 2003; Yun et al., 2003).

En un estudio se analizó el efecto de la anatomía de los conductos radiculares en su parte final, cuando se preparan con el sistema Protaper® en molares superiores extraídos con curvas moderadas, y se demostró por medio de tomografía computarizada, que el área y volumen de los conductos incrementaron significativamente, proporcionando una conicidad y dirección adecuadas. La cantidad de dentina removida por el sistema ProTaper®, varió entre 1.40-1.76 mm del volumen original de las muestras (2.42-5.27mm). Sin embargo, hubo áreas de los conductos sin preparar. Éstas se observaron en los conductos más anchos, especialmente, en el tercio medio de la raíz, en el lado de la convexidad y apicalmente en el lado cóncavo de la curvatura. En el estudio de Peters et al. (2003), este sistema rotatorio demostró que produce preparaciones suficientemente amplias, de 5 mm, desde el ápice, con tamaños variables entre 0.65-0.79mm. Al evaluar la presencia de errores de procedimiento no se encontraron zips, perforaciones o strippings, sin embargo, si se presentaron diferentes grados de transportaciones en aquellos conductos con curvas que comenzaban en el tercio medio radicular, pero éstas tenían un impacto mínimo en la preparación radiculares. En esta investigación, tampoco se observaron separaciones de los instrumentos, lo cual puede relacionarse con el uso de la lima de patencia durante todo la preparación y el pre ensanchamiento de los conductos hasta una lima #15 antes de utilizar las limas Protaper® (Peters et al., 2003).

El uso de Protaper® con motores de bajo torque y con control de éste, adicionado a la experiencia del operador, no generó ningún instrumento fracturado ni deformado. El tiempo promedio en usar ProTaper® es de 6 segundos por instrumento (Yun et al., 2003).

Los instrumentos Protaper® generan niveles bajos de torque, 2.2 Ncm, comparados con otros instrumentos con diseño en U. Por lo que en la preparación de conductos estrechos se necesitan aproximadamente 50 rotaciones para preparar el tercio apical, mucho más que las necesarias para conductos de mayor diámetro. Por ello, es recomendando descartarlos después de 4-5 veces de uso (Peters et al., 2003).

4. Anatomía de los incisivos inferiores humanos

Estrechos y planos en dirección bucolingual, los incisivos inferiores son los dientes más pequeños del ser humano adulto. Visibles radiográficamente desde sólo dos planos, muchas veces parecen ser más accesibles de lo que son en realidad, y su tratamiento puede plantear un reto (Cohen & Hargreaves, 2008).

Los incisivos centrales inferiores tienen en promedio una longitud de 20,8 mm (Leonardo, 2005). Según Estrela (2005), estos dientes presentan una sola raíz en un 100% de los casos, y en un 73,4% y 26,6% uno y dos conductos respectivamente.

Los incisivos laterales inferiores, presentan en promedio 22,6 mm de longitud (Leonardo, 2005). Además presentan siempre una sola raíz. Generalmente es posible encontrar un solo conducto (84,6%) y dos conductos en un 15,4% (Estrela, 2005).

Cuando los incisivos inferiores presentan hombro lingual, es preciso removerlo, pues en muchos casos su presencia puede ocultar la entrada de un segundo conducto (Leonardo, 2005).

5. Barro dentinario

Fue descrito por primera vez por Boyde en 1963, como consecuencia de la acción del instrumental rotatorio durante las preparaciones cavitarias.

Posteriormente, se observó también en los conductos radiculares instrumentados durante el tratamiento endodóntico (McComb & Smith, 1975).

El 2003, fue definido por la Asociación Americana de Endodoncistas, como una película superficial de detritus retenidos en la dentina u otra superficie, tras la instrumentación, tanto con instrumental rotatorio como con limas endodónticas.

Consiste en partículas de dentina, remanente de tejido pulpar vital o necrótico, componentes bacterianos e irrigantes retenidos (Yang et al., 2008).

Investigadores han observado que sin instrumentación, se pueden lograr paredes del canal radicular completamente limpias (Gettleman et al., 1991; Mader et al., 1984).

5.1. Composición

Desde un punto de vista químico está compuesto por dos fases, una orgánica y otra inorgánica (Dautel-Morazin et al., 1994).

5.1.1. Componente orgánico

Formado por restos de tejido pulpar necrótico y/o viable, células sanguíneas, residuos de colágeno dentinario, glicosaminoglicanos provenientes de la matriz extracelular, prolongaciones odontoblásticas e incluso bacterias, en caso de canales infectados. Otra de sus características, es que sirve como matriz para la fase inorgánica (Mader et al., 1984).

5.1.2. Componente inorgánico

Constituido por partículas de dentina e hidroxiapatita, las que unidas a los fluidos orales y a los líquidos de irrigación forman una sustancia más o menos homogénea (Gettleman et al., 1991).

Según Mader et al. (1984), el barro dentinario está constituido por dos zonas diferentes y superpuestas. La primera, se deposita sobre la dentina intertubular y los orificios de los túbulos, cubriendo toda la pared del canal radicular instrumentado. Es delgada, de 1 a 2 micrómetros de grosor, poco adherente y fácil de eliminar, formada por una matriz amorfa constituida por material orgánico y partículas de dentina. La segunda, ubicada dentro de los túbulos dentinarios hasta una

profundidad de 40 micrómetros (smear plugs), se encuentra fuertemente adherida y está compuesta en su mayoría por chips de dentina.

Dautel-Morazin et al. (1984), señalaron que la instrumentación de los conductos, sin irrigación, produce una capa muy gruesa de barro dentinario, que aparece en el microscopio electrónico de barrido como una capa compacta de componentes orgánicos e inorgánicos. Por otro lado, afirman que tanto su grosor como su composición varían, dependiendo de la naturaleza de los tejidos, es decir, edad del paciente, estado del conducto radicular y procedimiento odontológico empleado.

A la examinación bajo microscopio electrónico de barrido, se observa como una estructura amorfa que ocluye las aperturas de los túbulos dentinarios (Gutiérrez et al., 1990).

Distintos instrumentos generan un barro dentinario de diferente calidad y cantidad, y a su vez, distintos tipos de irrigantes generan su remoción con resultados diferentes (Lim et al., 2003; Prati et al., 2004), por ejemplo, el hipoclorito de sodio (NaOCl), irrigante ampliamente empleado en el tratamiento de los canales radiculares, por sus propiedades antibacterianas y su habilidad de disolver tejido orgánico, no es efectivo en la remoción de la parte inorgánica del barro dentinario. EDTA, como quelante, sí es capaz de eliminarla, por lo que su uso combinado con NaOCl ha sido reportado como exitoso en la remoción del barro dentinario (Grandini et al., 2002).

5.2. Efectos del barro dentinario en el conducto radicular e implicancias clínicas

A pesar de que el barro dentinario fue identificado y observado por primera vez 35 años atrás por McComb & Smith (1975), hoy en día, aún existe controversia sobre su influencia en los resultados de los tratamientos endodónticos. Algunos autores aseguran que su presencia puede restringir el área disponible para la difusión de moléculas y prevenir la penetración bacteriana en los túbulos dentinarios (Drake et al., 1994; Pashley et al., 1981; Dippel et al., 1984).

Dippel et al. (1984), realizaron en su estudio preparaciones cavitarias en las que se evaluó el barro dentinario generado. Se concluyó que ante su presencia, la permeabilidad dentinaria decrece en un 35%, lo que limita el transporte de fluidos, irritantes para los tejidos, hacia los túbulos dentinarios.

Drake et al. (1994), aplicaron un modelo de colonización bacteriana en canales radiculares instrumentados e irrigados con quelante más NaOCl o agua, además eliminaron el barro dentinario de la mitad de los sujetos de experimentación. Las muestras fueron incubadas y se tomaron especímenes al azar para observación bajo microscopía electrónica de barrido, los resultados concluyeron que la presencia de barro dentinario inhibe la colonización bacteriana de conductos radiculares.

En contraste, algunos expertos afirman que el barro dentinario, debe ser completamente removido de la superficie de las paredes del conducto radicular (Gettleman et al., 1991; Lim et al., 2003; Gencoglu et al., 1993 a b; Goldberg & Abramovich, 1977).

El barro dentinario altera la permeabilidad dentinaria (Pashley et al., 1981) y de esta manera previene la penetración de irrigantes y medicación a los túbulos dentinarios infectados. Lo anterior, menoscaba la efectividad de la desinfección de los mismos. (Foster et al., 1993; Lim et al., 2003; Yang et al., 2008; Torabinejad et al., 2002).

Foster et al. (1993), compararon el efecto de remover el barro dentinario con quelante, versus suero fisiológico y la capacidad de la medicación de difundir a través de las paredes del conducto radicular. Concluyeron que la remoción del barro dentinario facilita la difusión de la medicación desde el canal radicular hacia los túbulos dentinarios.

Según Schäfer & Zapke (2000), los desechos pueden ocupar parte del espacio del canal radicular, previniendo la obturación completa del conducto radicular.

El barro dentinario proporciona un entorno que facilita la microinfiltración tanto del extremo coronal como apical del conducto radicular, debido a su heterogeneidad, baja densidad, y baja adhesión a la dentina (Mader et al., 1984).

Su ausencia permite la apertura de los túbulos dentinarios, con lo que se incrementa la superficie de contacto entre el cemento sellador y la dentina, se genera una mejor adaptación del material de obturación en los conductos laterales y túbulos dentinarios (White et al., 1987), y aumenta la adhesión, sellado (Gettleman et al., 1990) y resistencia a la penetración bacteriana (Gençoglu et al., 1993).

Un biofilm, con bacterias y tejido necrótico, puede actuar como un sustrato rico en nutrientes para las bacterias, permitiéndoles penetrar a mayor profundidad en los túbulos dentinarios (George et al., 2005).

El barro dentinario, presenta la capacidad de albergar bacterias, las cuales son capaces de sobrevivir, multiplicarse y ser un reservorio importante de irritantes para los tejidos periradiculares (Baker et al., 1975; Sung-Eun & Kwang-Shik, 2002; Clark-Holke et al., 2003).

Shahravan et al. (2007), realizaron una revisión sistemática sobre investigaciones que evaluaban los efectos del barro dentinario en la capacidad de sellado de los canales radiculares obturados. Tras un periodo de selección y exclusión, se revisaron 47 trabajos de investigación, se concluyó que la remoción del barro dentinario mejora el sellado hermético del sistema de canales radiculares ante líquidos.

6. Quelantes

Los quelatos son complejos estables de iones metálicos unidos a sustancias orgánicas, tal unión genera una estructura molecular en forma de anillo. Esta estabilidad, es resultado de la unión entre el quelante, el cual tiene más de un par de electrones libres, y un ión metálico ubicado en el centro (Grossman et al., 1988, citado por Hülsmann et al., 2002) (Figura 12).

Quelación hace referencia a la remoción de iones inorgánicos de la estructura dentaria mediante un agente químico, que capta iones metálicos tales como magnesio, calcio, sodio, potasio y litio, del complejo molecular a donde están adheridos. El efecto de las sustancias quelantes no es de desmineralización, sino de descalcificación de un tejido mineralizado (Cohen & Hargreaves, 2008).

Un material quelante adecuado debe presentar propiedades tales como; baja toxicidad, baja tensión superficial, ser solvente de tejido y detritos, eliminar la capa de desecho dentinario, ser lubricante, inodoro, incoloro, de sabor neutro, de acción rápida, de fácil manipulación, mecanismo de dosificación simple y tiempo de vida útil adecuado (Cohen & Hargreaves, 2008).

Las soluciones quelantes son moléculas que se basan básicamente en el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) (Walton, 1992).

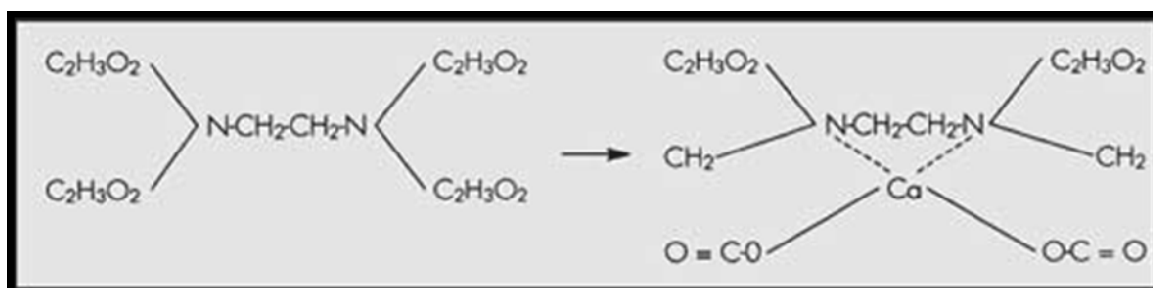


Figura 12.- Estructura química y mecanismo de unión de EDTA.

6.1. Mecanismo de acción

La sustancia quelante reacciona con los iones metálicos en los cristales de hidroxiapatita; para producir un quelato metálico, el cual reacciona con las terminaciones del agente quelante al remover los iones de calcio de la dentina, formando un anillo. La dentina se reblandece, cambiando las características de solubilidad y permeabilidad del tejido -especialmente la dentina peritubular rica en hidroxiapatita- incrementando el diámetro de los túbulos dentinales expuestos (Calt & Serper, 2000; Dogan & Calt, 2001) y por lo tanto la descalcificación.

6.2. Funciones

- Ayudar en la penetración de conductos calcificados.
- Eliminar la capa residual que se crea durante la conformación del conducto.
- Lubricar el conducto, sobre todo, durante el uso de instrumentos rotatorios (Gutmann et al., 2007).

Los quelantes del calcio son recomendados como agentes adicionales para tratamientos del canal radicular, tanto en forma líquida, como en preparaciones tipo pasta (Hülsmann et al. 2003). Los productos de consistencia viscosa son recomendados por los fabricantes del instrumental rotatorio para ser usados en conjunción con los instrumentos para canales radiculares.

6.3. Soluciones quelantes utilizadas

Las soluciones quelantes más frecuentemente utilizadas para la irrigación son: EDTA, EGTA, EDTAC, Rc-prep y Glyde®.

6.3.1. EDTA

Este es el compuesto base de todos los quelantes que existen hasta el día de hoy en el mercado. El EDTA, con un pH de 7.3, tiene la capacidad de quelar y eliminar la porción mineralizada del barro dentinario, las sales de calcio en las calcificaciones y en la dentina y puede descalcificar hasta 50 μm del conducto radicular (Steward, 1995, citado por Hülsmann et al., 2002). Este quelante se usa en varias concentraciones, una de ellas es al 17%.

El proceso descalcificante es autolimitado, ya que el quelante se queda en la parte superior y debe reemplazarse con frecuente irrigación para conseguir un efecto continuo (Cohen & Hargreaves, 2008). Su acidez es el factor que más afecta su acción en el conducto, pues su pH cambia durante la desmineralización jugando un papel importante en tres formas:

- La capacidad de quelación aumenta a medida que la acidez del EDTA disminuye.
- La solubilidad de la hidroxiapatita aumenta a medida que el pH disminuye.
- Al aumentar el pH se incrementa la penetración del EDTA hasta espacios reducidos (Calvo et al., 1989).

En cuanto al manejo de conductos curvos con EDTA, se ha encontrado que se produce un incremento en la transportación o desviación de estos, debido a la capacidad de alisar y remover la dentina con facilidad, por tal razón, se aconseja que sea usado solamente después de la instrumentación (Monteiro & Viti, 2000).

EDTA debe ir acompañado de un componente proteolítico, como el hipoclorito de sodio, con el fin de mejorar la eliminación de los componentes orgánicos e inorgánicos del barro dentinario (Cohen & Hargreaves, 2008).

Calt & Serper (2002), instrumentaron conductos radiculares de dientes humanos, con aplicaciones de EDTA en períodos de 1 a 10 minutos, y luego evaluaron por medio de microscopio electrónico de barrido, la capacidad de remover el barro dentinario en función del tiempo. Los resultados de ese estudio, demostraron que con un minuto de aplicación, EDTA fue eficaz de remover el barro dentinario, mientras que, con 10 minutos de aplicación el producto causó excesiva erosión de la dentina intertubular.

El uso de EDTA en estados tempranos del tratamiento del canal radicular, no favorece a dientes con infección apical, porque inactiva al hipoclorito de sodio (Zehnder et al. 2003). En vez de esto, una cantidad alta de EDTA tras finalizar la preparación biomecánica ha sido recomendada, y luego irrigar con un volumen alto de hipoclorito de sodio (Yamada et al., 1983, citado por Grawehr et al., 2003; Zehnder et al. 2003).

6.3.2. Quelantes de consistencia viscosa

El término pasta se usa para los productos que tienen como base un vehículo de carbowax (Stewart et al. 1969, citado por Hülsmann et al., 2002). De acuerdo con los desarrolladores de estos (por ejemplo; Glyde®, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland y Rc-prep, Premier Dental, Norristown PA, USA), carbowax protege al EDTA de ser oxidado por peróxido.

Un quelante de consistencia viscosa se usa de manera específica para emulsionar y suspender el detritus que se produce por la instrumentación mecánica (Hülsmann et al. 2003).

6.3.2.1. Rc-prep

La preparación de este tipo de quelante fue introducida por Stewart en 1969. Es un quelante de consistencia jabonosa que contiene 15% de EDTA y 10% de peróxido de úrea, este último le da la característica cremosa y fue adicionado al EDTA como efervescente para hacer flotar los detritos dentinarios del conducto. La base es de glycol o carbowax, es un aditamento que permite por ejemplo; prolongar la vida útil del quelante. El efecto efervescente se incrementa al combinarse con hipoclorito de sodio, actuando en el debridamiento de los conductos calcificados, al penetrar en los túbulos dentinarios y conductos laterales que son inaccesibles para la eliminación del barro dentinario (Steinberg et al., 1999).

Se ha demostrado que el Rc-prep no remueve completamente la capa de desecho, posiblemente por su bajo pH. El Rc-prep, por su contenido de peróxido de úrea, puede ocasionar un selle deficiente de la endodoncia al utilizarlo con limas de calibre mayor a 20. Aunque se instrumente e irrigue copiosamente deja una película cremosa en las paredes y en el periápice de los conductos, por lo tanto se aconseja usarlo con limas de pequeño calibre (Heling et al., 1999).

6.3.2.2. Glyde®

Es un agente quelante elaborado por la casa Dentsply/Maillefer (Ballaigues, Suiza), que contiene EDTA al 15% y peróxido de carbamida al 10% en un vehículo de gel (figura 13). Este producto, según el fabricante, se lleva al conducto radicular como un auxiliar de la instrumentación y se usa alternadamente con la irrigación con hipoclorito de sodio (Leonardo, 2005). La base de óxido de polietileno utilizada en Glyde® actúa como lubricante para facilitar la excavación del canal radicular mediante instrumental rotatorio y manual. Además, Glyde® acondiciona la superficie del conducto para la penetración de otros medicamentos utilizados en endodoncia, al limpiar de forma más completa el canal y los túbulos de dentina abiertos.

El fabricante indica que no debe aplicarse a tejidos ajenos al conducto radicular, como las mucosas cutáneas. En caso de que ocurrieran contactos con tejidos ajenos, lavar la piel con agua y jabón después del contacto. También indica que se debe almacenar a una temperatura entre 2 a 12 C°, y no exponerlo a temperaturas superiores a 50°C.



Figura 13.- Presentación comercial de Glyde®.

Además del efecto de blanqueamiento interno logrado por la oxidación de peróxido de carbamida, este agente tipo gel facilita la configuración y la depuración de la endodoncia, presumiblemente debido al efecto adyuvante de EDTA en el barro dentinario y la efervescencia a través de la liberación de oxígeno del peróxido de carbamida, permitiendo que virutas de dentina y restos del conducto radicular sean fácilmente eliminados (Dentsply Maillefer, 1999).

El fabricante indica, que debe aplicarse directamente una dosis única dentro del conducto radicular e irrigar con hipoclorito de sodio, en una primera fase. Una vez, se comience la instrumentación, recubrir cada lima con Glyde®, utilizando técnicas corono-apicales y recapitulando constantemente.

6.4. Interacción con hipoclorito de sodio

El potencial antimicrobiano y disolvente de tejidos del hipoclorito de sodio es principalmente en función del Cl libre disponible. El cloro disponible que se encuentra en soluciones no buferizadas de NaOCl (pH 12) se encuentra casi completamente en forma de hipoclorito (OCI⁻), el cual es un agente extremadamente reactivo, que interacciona inmediatamente con cualquier componente que pueda ser oxidado.

Tanto EDTA, como peróxido de carbamida son capaces de inactivar al hipoclorito de sodio, pues ambos son agentes reductores menos potentes que el hipoclorito de sodio, así se unen a este último y acaban con el cloro libre en solución (Grawehr et al., 2003; Zehnder et al., 2005).

Cuando el instrumental rotatorio se usa en conjunción con quelantes viscosos, este se mezcla con la solución de hipoclorito de sodio usada entre instrumentos, con lo que se espera una interacción inmediata entre EDTA/hipoclorito de sodio y peróxido de carbamida/hipoclorito de sodio. Además, los remanentes de la pasta generan una acción continua sobre el hipoclorito en los canales (Girard et al., 2005).

Grossman (1943), observó que cuando el hipoclorito de sodio y el peróxido de hidrógeno se mezclan en solución, se libera oxígeno al combinar H^+ y $NaOCl$. Esto se encuentra soportado por observación reciente de la interacción entre hipoclorito y peróxido en un ambiente de PH elevado (figura 14) (Harada 2002, citado por Hülsmann et al., 2003).

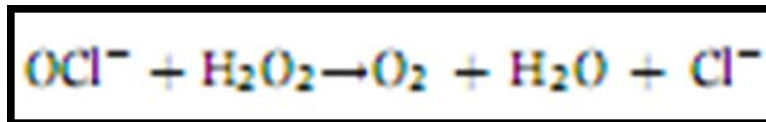


Figura 14.- Ecuación química de la interacción entre el hipoclorito y el peróxido de hidrogeno.

El cloro libre disponible en esta circunstancia es reducido por el peróxido.

III. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Hipótesis

La instrumentación de conductos radiculares realizada con el sistema Protaper[®], genera más barro dentinario residual al utilizar Glyde[®].

Objetivo general

Comparar el barro dentinario residual, al instrumentar conductos radiculares con el sistema Protaper[®], con y sin aplicación del quelante Glyde[®]

Objetivos específicos

1. Comparar microscópicamente las características ópticas del barro dentinario residual del tercio medio y apical del conducto radicular, entre los distintos grupos de estudio.
2. Comparar microscópicamente las características ópticas del barro dentinario residual, entre las regiones medio y apical del conducto radicular de un mismo grupo de estudio.
3. Comparar el barro dentinario residual, de acuerdo al número de vez que son empleados los instrumentos, entre los grupos de estudio.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de estudio:

Estudio aleatorio experimental in vitro.

Universo:

Incisivos inferiores humanos extraídos unirradiculados, que sean recolectados.

Unidad de estudio:

Pared radicular del conducto, de incisivos inferiores unirradiculares.

Muestra:

Para el cálculo de la muestra utilizamos la media y desviación estándar del estudio, "Light and scanning electron microscopic evaluation of Glyde® File Prep in smear layer removal", realizado por Lim et al., (2003).

Grupo de instrumentación sin Glyde® File Prep

Media de barro dentinario: 1,666

Desviación estándar: 0,118

Grupo de instrumentación más Glyde File Prep

Media de barro dentinario: 1,866

Desviación estándar: 0,125

Fórmula para calcular la muestra

Fórmula para estudios experimentales de más de dos grupos de variable numérica.

Dispersión máxima

$$f(\text{efecto tamaño}) = d \times \frac{\sqrt{k^2 - 1}}{\sqrt{2k}}$$

k (número de grupos): 3

s: 0,118

media control: 1,666

media tratamiento: 1,866

d: -0,68

Al aplicar los datos en la tabla "Tamaño de la muestra necesario para el ANOVA de un tratamiento, (Bioestadística, Norman & Streiner, 1996)", considerando un valor α

de 0,05 y un valor β de 0,1; se calculó un tamaño de muestral de 12 conductos por grupo.

Criterios de inclusión:

- Configuración del espacio pulpar tipo I, según clasificación de Vertucci, 1984.
- Dientes, cuyos conductos, sean permeabilizables con lima K 10.

Criterios de exclusión:

- Dientes con apicoformación incompleta.
- Dientes que presenten caries penetrantes que comprometan la cámara pulpar.
- Conductos calcificados.
- Conductos con relleno endodóntico.
- Conductos con curvatura notoria.

Variables:

Barro dentinario: Dependiente, cualitativa ordinal

Conceptualmente: película superficial de detritus retenidos en la dentina u otra superficie tras la instrumentación con instrumental rotatorio o manual. Consiste en partículas de dentina, remanente de tejido pulpar vital ó necrótico, componentes bacterianos e irrigantes retenidos (Yang et al., 2008).

Operacionalmente: detritus teñido con azul de metileno al 1%, a lo largo del canal radicular, observado bajo microscopía óptica 10x.

Glyde®: independiente, cualitativa dicotómica

Conceptualmente: agente quelante elaborado por la casa Dentsply/Maillefer, que contiene EDTA al 15% y peróxido de carbamida al 10%, en un vehículo de gel. Este producto se lleva al conducto radicular como un auxiliar de la instrumentación, y se usa alternadamente con las irrigaciones de hipoclorito de sodio (Leonardo et al., 2005)

Operacionalmente: será aplicada una capa del quelante sobre cada lima que se utilice.

Número de vez que se utiliza el instrumento: dependiente, cuantitativa discreta

Conceptualmente: cantidad de veces que es utilizada una lima para instrumentar distintos conductos.

Operacionalmente: las limas serán marcadas con plumón negro permanente, en su vástago, para identificar cuantas veces ha sido utilizada entre cada conducto.

Sistematización:

Preparación de las muestras

Los 39 dientes recolectados fueron desinfectados con una solución de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 5,25% por 10 minutos, luego se lavaron con suero fisiológico y se almacenaron en envases herméticos con solución salina al 0.9%.

La corona se eliminó, realizando una muesca a nivel de la unión amelocementaria, empleando una pieza de mano con un disco de acero. Luego con cincel y martillo se separaron ambas partes.

La permeabilidad de los conductos se comprobó introduciendo una lima K 10 (Maillefer), hasta que su punta fuera visible más allá del foramen apical.

Luego, los 39 dientes fueron almacenados en frascos separados, siendo identificados mediante numeración ascendente. En seguida, se le asignó a cada diente un grupo al azar, mediante el método descrito a continuación.

De una tómbola manual, con 39 opciones escritas se sacó una por diente. 36 de los papeles escritos estaban equitativamente divididos en tres series de 12 y contenían trazada la letra: "A", "B" o "C". Los tres restantes tenían escrito "negativo", esto indicaba, que esos dientes no se iban a instrumentar, ni irrigar (figura 24).

Una persona era la encargada de manipular la tómbola y registrar, otra sacaba los resultados.

Instrumentación químico-mecánica de los conductos radiculares

Grupo A: Los conductos fueron instrumentados utilizando Glyde[®], según el protocolo usado en la Facultad de Odontología de la Universidad de Valparaíso para el sistema Protaper[®] Universal, de la siguiente manera: (figura 15)

Se calibró un motor XSmart[®] (Dentsply) (figura 16), a una velocidad constante de 300 rpm, y torque según instrumento: S1 y SX a 5 Nwcm; S2 a 3 Nwcm; y F1, F2 y F3 a 4 Nwcm.



Figura 15.- Preparación de insumos necesarios para la instrumentación rotatoria.



Figura 16.- Motor X-Smart® con programación de velocidad y de torque según lima empleada.

Se permeabilizó el conducto con una lima K 10, y se calculó la longitud de trabajo (LT), sustrayéndole 1 mm a la longitud desde el foramen, ajustando un tope de goma en el borde cervical. Se colocó Glyde® en la entrada del conducto, y luego con la lima S1 (figura 17) se realizó la preparación de los 2/3 coronarios del conducto, con movimientos de entrada y salida (figura 18).



Figura 17.- De izquierda a derecha: S1, S2, F1, F2, F3. Con marca que indica número de vez empleada.



Figura 18.- Glyde®, aplicado en entrada de conducto radicular y en lima Protaper®.

A continuación, se instrumentó a LT, con la siguiente secuencia de limas: S1, S2, F1, F2 y F3 (figura 17), siempre con movimientos de pincelado. En caso que existiera alguna resistencia para obtener LT, se recurrió a la lima SX para vencer dicho obstáculo.

Cada vez que se utilizó una lima Protaper®, esta fue recubierta con Glyde® (figura 18).

Grupo B: Los conductos fueron preparados siguiendo el mismo método que en el grupo A, pero sin utilizar Glyde®.

Entre cada instrumento utilizado en los grupos A y B, se recapituló con una lima K 10 y se irrigó con 2 ml de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 5.25%, con una jeringa hipodérmica de 30 G. La irrigación final en los grupos A y B, fue con 2 ml de EDTA al 17% por 1 minuto, luego 2 ml de NaOCl al 5.25% seguido de 4 ml de suero fisiológico. Por último, cada conducto fue secado con tres conos de papel #30.

Grupo C (control positivo): Los conductos fueron instrumentados con el sistema Protaper®, de la misma manera que el grupo B, pero la recapitulación fue hecha sólo con 2 ml de suero entre cada instrumento, y al terminar la instrumentación se emplearon 4 ml de irrigación con suero. Finalmente, cada conducto fue secado con tres conos de papel #30.

Evaluación de las muestras

Se realizó en las raíces instrumentadas, con discos de acero montados en pieza de mano, un surco vertical y dos surcos horizontales (figuras 19, 20). Lo anterior, permitió dividir los tercios de manera equidistante. Luego, las caras proximales de la raíz fueron desgastadas manualmente contra una piedra de Arkansas, de tal manera, dejar la superficie plana y delgada para la observación.



Figura 19, 20.- Surcos horizontales y longitudinales efectuados a las raíces, para su posterior fractura.

Además, con un cincel y un martillo cada raíz fue separada horizontalmente, en tres partes. En seguida, el tercio medio y apical, fueron divididos longitudinalmente en dos (figura 22,23). Sólo una mitad de cada tercio fue escogida. El criterio de selección, se basó en la mitad con mayor integridad macroscópica tras la división con cincel y martillo (figura 21).



Figura 21.- Fractura en tercios horizontales y longitudinales con cincel y martillo.

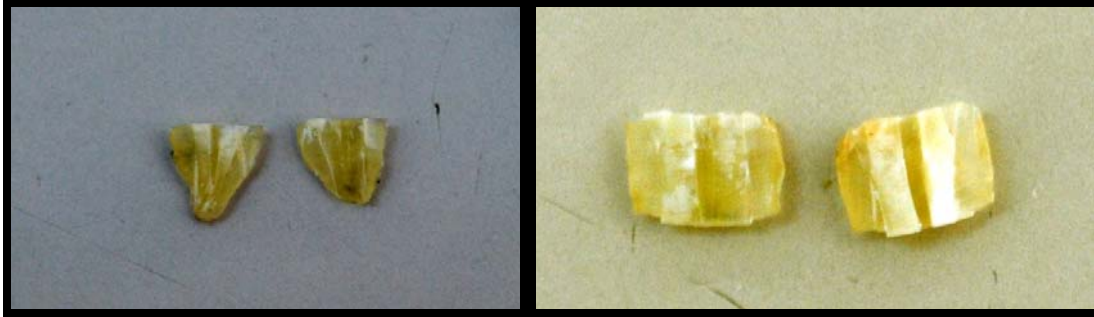


Figura 22,23.- Tercio medio y apical fracturados longitudinalmente.

Finalmente, los especímenes fueron teñidos con azul de metileno al 1% durante 2 minutos antes de ser lavados con solución salina al 0,9%.

Las muestras fueron observadas en microscopía óptica, por dos examinadores independientes, quienes desconocían a cual grupo pertenecía cada espécimen.

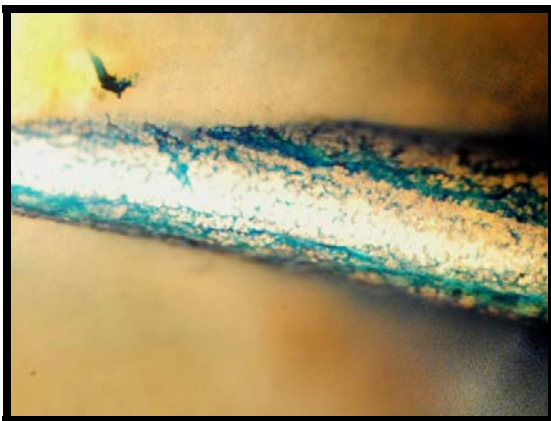


Figura 24.- Microfotografía representativa de pared de conducto radicular sin instrumentar.

Para evaluar las muestras se utilizó el siguiente instrumento (Lim y cols., 2003):

Puntaje	Pared del conducto radicular
1	Canal limpio ó con muy poco detritus*.
2	Presencia de detritus en menos de la mitad*.
3	Presencia de detritus en más de la mitad*.

*Representados en figuras 25, 26 y 27.

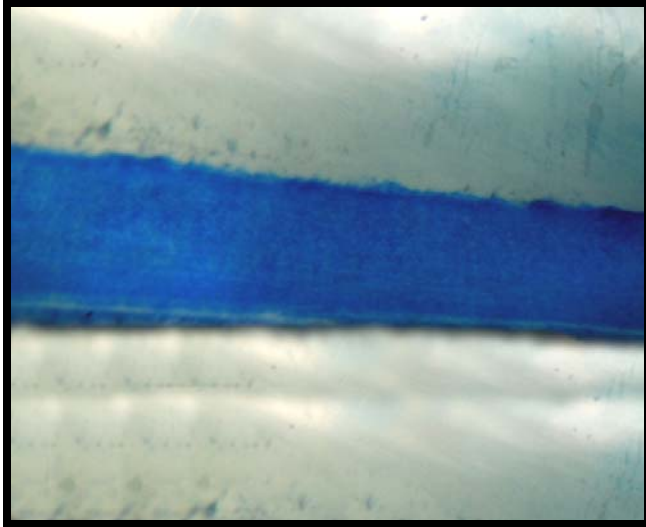


Figura 25.- Microfotografía representativa de código 1.



Figura 26.- Microfotografía representativa de código 2.

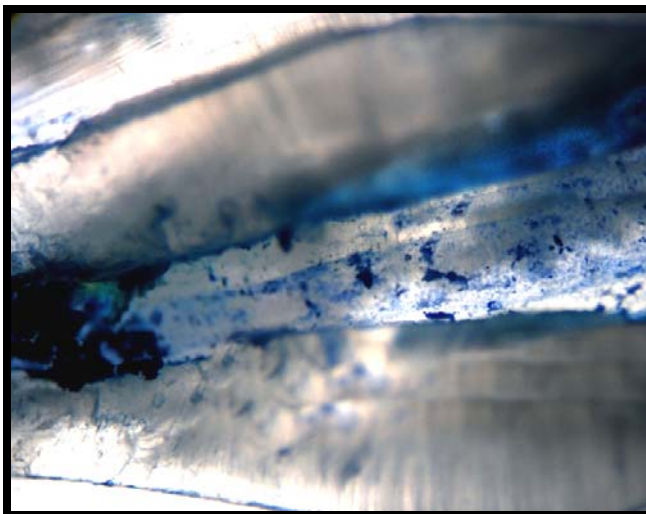


Figura 27.- Microfotografía representativa de código 3.

Después los datos fueron tabulados en una tabla Excel.

Estudio piloto y selección del operador

Los dos postulantes para la instrumentación de los conductos, recibieron una clase teórica-práctica, dictada por un especialista en Endodoncia. Los operadores tuvieron una semana para practicar y adecuarse a la manipulación del sistema Protaper® y al protocolo de instrumentación de las muestras. Pasado dicho tiempo, el especialista en Endodoncia procedió a testear a los postulantes utilizando una pauta para la evaluación de 3 preparaciones, de acuerdo al protocolo que se aplicó en los conductos radiculares pertenecientes al grupo A.

Postulante 1:

Parámetros	Preparación 1	Preparación 2	Preparación 3	Total
Respeto protocolo de instrumentación e irrigación	1	1	1	3
Paredes lisas	1	1	1	3
Mantenición de LT	0,5	0,5	1	2
Ausencia de transportación apical	1	1	1	3
Ausencia de atascamiento de las limas	0,5	1	1	2,5
				13,5 pts.

Postulante 2:

Parámetros	Preparación 1	Preparación 2	Preparación 3	Total
Respeto protocolo de instrumentación e irrigación	1	1	1	3
Paredes lisas	1	1	1	3
Mantenición de LT	1	1	0,5	2,5
Ausencia de transportación apical	1	1	1	3
Ausencia de atascamiento de las limas	1	1	0,5	2,5
				14 pts.

Tabla de puntajes

1 punto	Cumple a cabalidad con el parámetro
0,5 puntos	No satisface el parámetro
0 puntos	No cumple con el parámetro

El postulante que obtuvo mayor puntaje, el número 2, fue el encargado de instrumentar todos los conductos.

Posteriormente se prepararon 3 muestras de cada grupo (A-B-C) y un control negativo para el estudio piloto. Éstas, fueron observadas bajo microscopía óptica por un especialista en Histopatología Oral.

Lo anterior, se llevo a cabo con el objetivo de poner a prueba los controles positivos y negativos y así poder corroborar la factibilidad del estudio. La otra razón era la de entrenar a los 2 examinadores para que observaran de manera veraz la presencia o ausencia de detritus.

Calibración de los observadores

Para estimar la reproductibilidad intra e interobservador, las 9 muestras del estudio piloto fueron evaluadas 2 veces en orden aleatorio, en dos observaciones diferentes en un intervalo de 1 semana. La segunda examinación se realizó sin conocer los resultados previos.

La reproductibilidad intraobservador fue determinada por la comparación de las 2 evaluaciones para cada observador. La interobservador fue determinada al evaluar al mismo tiempo a los 2 examinadores. El análisis de Kappa Cohen fue usado para estimar la reproductibilidad.

Análisis estadístico

Para establecer en qué tercio y en qué grupo se generó más barro dentinario y qué definió el usar las limas por primera, segunda o tercera vez según tercio, se sometieron los resultados obtenidos a estadística no paramétrica.

Para estipular que lo observado en cada segmento dependía, con relevancia estadística, de la irrigación realizada (o grupo) y de la cantidad de vez que se empleo el instrumento, se aprovechó la prueba Chi-cuadrado de independendencia. Este test permite realizar asociaciones entre variables cuando las dos variables son cualitativas. Por otro lado, es importante definir que si bien, determina el grado de asociación entra las variables, no da información acerca del tipo de asociación presente entre las mismas.

Para analizar si se halló diferencia significativa en la cantidad de barro observado para un mismo tercio, entre grupos y según el número de vez que fue empleada cada lima se uso el test no paramétrico "Kruskal-Wallis".

Este test, permite realizar comparaciones cuando se tienen más de dos grupos de estudio para muestras independientes, pero no permite definir comportamientos intergrupo.

Por lo anterior, se recurrió al test de Mann-Whitney, con el cual si es posible detectar diferencia significativa entre dos grupos, cuando no se observa igualdad entre ellos.

Se usó el test no paramétrico de "Wilcoxon", para comparar medianas para dos muestras pareadas. Dicho en otras palabras, este test se aplicó para determinar la existencia o ausencia de diferencias significativas en la cantidad de barro dentinario observado entre el tercio medio y el apical; en cada grupo y según el número de vez que se aplicó el sistema.

El nivel de error tipo alfa fue definido de 5% en relación al rechazo o a la aceptación de la hipótesis nula. Además se trabajo contemplando un error tipo 2 (beta) de 0.1.

Los análisis estadísticos y los gráficos fueron desarrollados en el software estadístico Stata 11.0.

V. RESULTADOS

39 raíces de dientes unirradiculados fueron utilizadas en este estudio. Las raíces fueron asignadas de manera aleatoria a 3 grupos de 12 raíces cada uno, como se observa en la tabla I.

Grupo A	Grupo B	Grupo C
Glyde + Irrigación convencional	Irrigación convencional	Suero fisiológico
Selección de una mitad de cada raíz	Selección de una mitad de cada raíz	Selección de una mitad de cada raíz
12 tercios medios y 12 apicales.	12 tercios medios y 12 apicales.	12 tercios medios y 12 apicales.

Tabla I.- Grupos de trabajo.

Tres raíces independientes de los grupos, sirvieron como control negativo, en los cuales no se observó barro dentinario.

1. Nivel de concordancia

9 tercios medios y 9 tercios apicales, fueron observados durante el estudio piloto, los cuales sirvieron para calibrar a los observadores.

Calibración intraobservador

El promedio de valores para la reproductibilidad intraobservador fue superior a 0,99, esto indica una alta concordancia (Tabla II).

Tercio Medio	Examinador 1	Día 1 – Día 2	Kappa = -0,6410	Valor-p = 0,9955
Tercio Apical	Examinador 1	Día 1 – Día 2	Kappa = -0,3624	Valor-p = 0,9937
Tercio Medio	Examinador 2	Día 1 – Día 2	Kappa = -0,8719	Valor-p = 0,9978
Tercio Apical	Examinador 2	Día 1 – Día 2	Kappa = -0,4158	Valor-p = 0,9952

Tabla II.- Reproducibilidad intraobservador.

Calibración interobservador

Entre ambos observadores existió un nivel de concordancia, sobre 0,99, lo que indica un acuerdo casi total (Tabla III).

Tercio Medio	Día 1	Examinador 1 – Examinador 2	Kappa = -0,7261	Valor-p = 0,9973
Tercio Apical	Día 1	Examinador 1 – Examinador 2	Kappa = -0,4094	Valor-p = 0,9942
Tercio Medio	Día 2	Examinador 1 – Examinador 2	Kappa = -0,7753	Valor-p = 0,9970
Tercio Apical	Día 2	Examinador 1 – Examinador 2	Kappa = -0,3401	Valor-p = 0,9905

Tabla III.- Reproducibilidad interobservador.

2. Estadística descriptiva

Comparación de la puntuación en general entre ambos observadores

El examinador 1 midió más barro dentinario en el tercio medio que el examinador 2, no así en el tercio apical, donde el examinador 2 observó en promedio más barro dentinario que el examinador 1 (Tabla IV).

	Examinador 1		Examinador 2	
	Medio	Apical	Medio	Apical
Promedio	1,33	1,92	1,25	1,94
Mínimo	1	1	1	1
Máximo	2	3	3	3

Tabla IV.- Promedio de los resultados obtenidos para cada diente en sus distintas mediciones.

Proporción de puntuación entre los distintos grupos de estudio

En el tercio medio se observó que en todos los grupos, predominó la puntuación 1, seguida por la puntuación 2 y luego la 3 (gráfico 1).

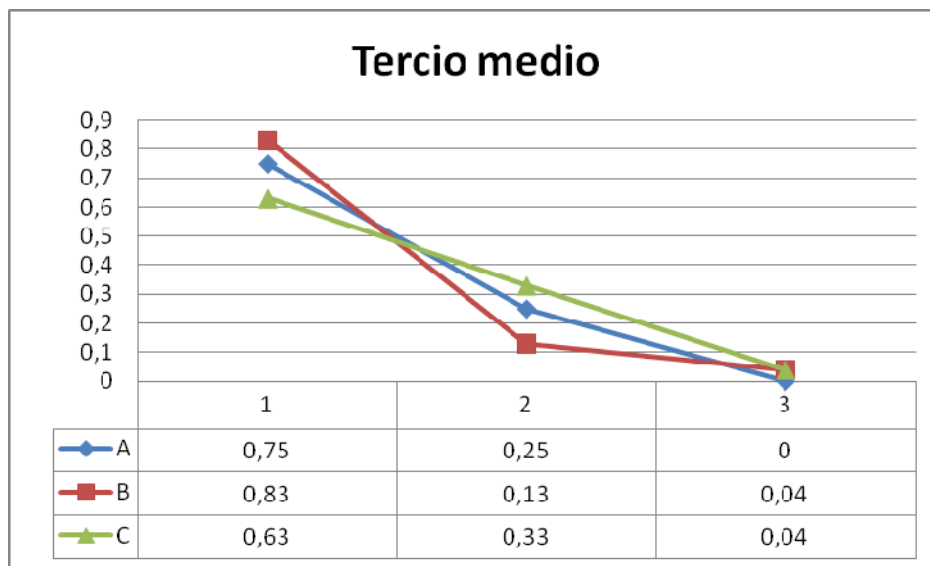


Gráfico 1.- Proporción de puntuación de los grupos de estudio en el tercio medio.

En cuanto al tercio apical, es posible apreciar que la puntuación que se asignó al grupo donde se utilizó Glyde®, fue mayoritariamente 2, en cambio en el grupo donde este quelante viscoso no fue empleado, la puntuación preferente fue 1.

Para el grupo control positivo, la puntuación asignada arrojó igual cantidad para 2 y 3 (gráfico 2).

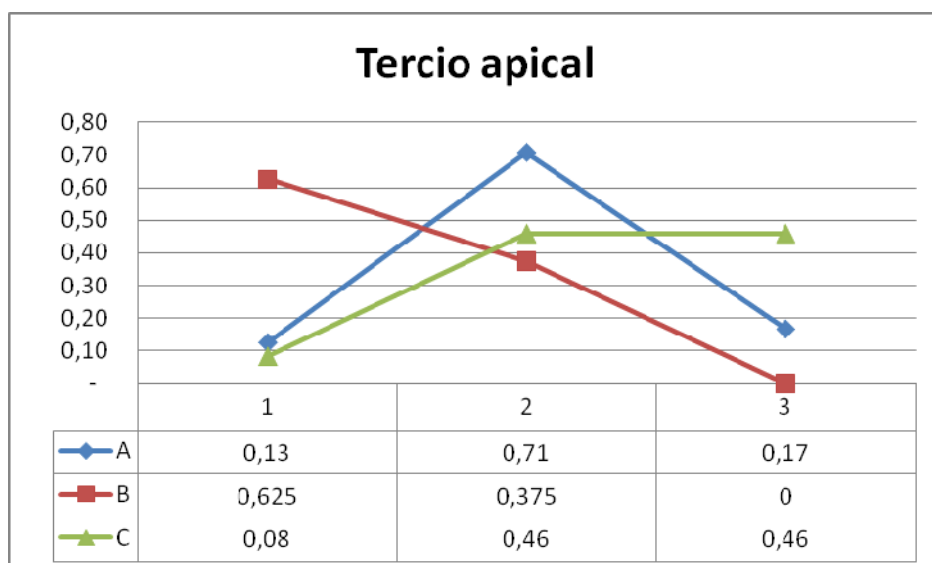


Gráfico 2.- Proporción de puntuación de los grupos de estudio en tercio apical.

Puntuación asignada a los grupos de estudio

En el grupo A donde más barro dentinario se detectó, fue en el tercio apical. En este tercio, el examinador 2 fue quien más barro observó. En el tercio medio fue donde menos barro dentinario se encontró.

Por otro lado, en el Grupo B se observaron valores inferiores en comparación con los demás grupos, especialmente en el tercio apical, para ambos observadores.

El grupo C, que sólo se irrigó con suero fisiológico, presentó valores superiores en todas sus mediciones con respecto a los dos grupos restantes, especialmente en el tercio apical (Tabla V).

	Grupo A		Grupo B		Grupo C	
	Examinador 1	Examinador 2	Examinador 1	Examinador 2	Examinador 1	Examinador 2
Medio	1,33	1,17	1,25	1,16	1,42	1,42
Apical	1,92	2,17	1,5	1,25	2,33	2,42

Tabla V.- Promedio de los resultados obtenidos para cada diente en sus distintas mediciones y para cada grupo.

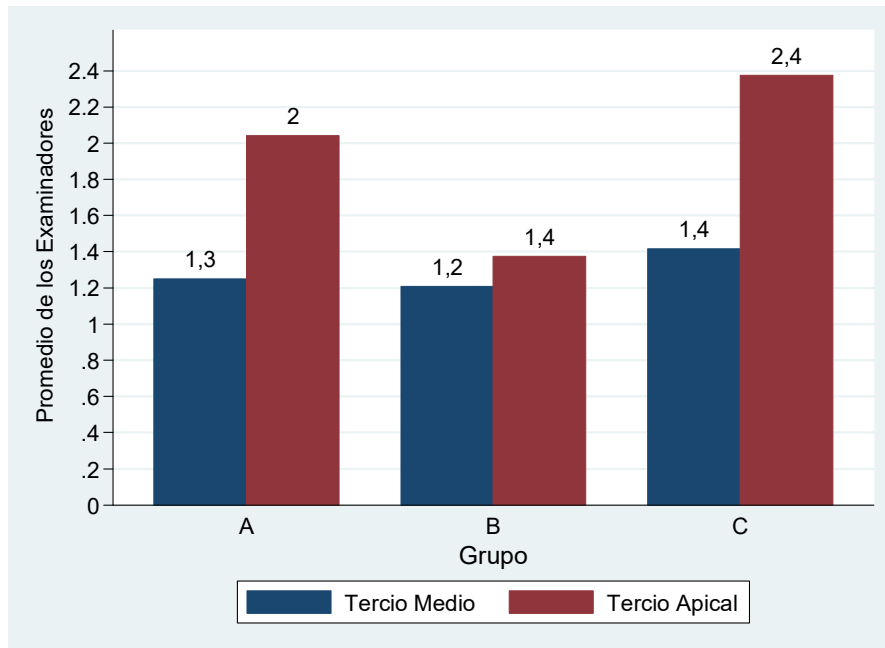


Gráfico 3.- Promedio obtenidos para cada medición y para cada grupo de estudio.

El gráfico 3, muestra el promedio de calificación de los conductos medidos en los dos tercios y para cada grupo.

Se puede ver que el grupo que no utilizó Glyde®, presenta menos barro dentinario que el grupo C. En el grupo A se observó una cantidad levemente menor que en el grupo C.

Puntuación asignada al número de vez de utilización del sistema Protaper®

Cuando se promediaron los resultados de ambos observadores, de acuerdo al número de vez que fueron utilizados los instrumentos, en el tercio medio se observa, una homogeneidad en cuanto a los resultados. Por otro lado al analizar el tercio apical, cuando el instrumento se utilizó por 3ª vez se obtuvo menor cantidad de barro que cuando se ocupó por primera vez y por 2ª vez (gráfico 4).

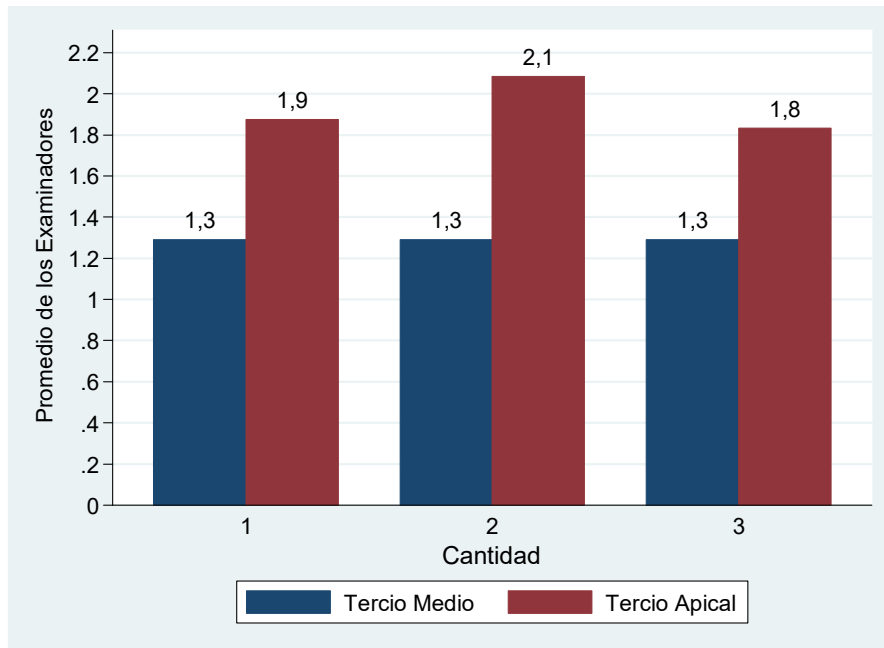


Gráfico 4.- Promedio obtenidos para cada medición y para cada grupo de estudio.

Comparación entre el número de vez y grupos de estudio, según la puntuación asignada.

Cuando se dividió el número de vez, de acuerdo a cada grupo de estudio, se observó que en el grupo A y B, se encontró menos barro dentinario cuanto más fueron manipuladas las limas. Pero en el grupo C, cuanto más fueron utilizados los instrumentos, se observó un aumento en la cantidad de barro dentinario (Tabla VI).

Grupo	A			Grupo B			Grupo C		
Nº de vez	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª
Medio	1,5	1,25	1	1,38	1,13	1,13	1	1,5	1,75
Apical	2,13	2	2	1,25	1,38	1,5	2,25	2,88	2

Tabla VI.- Puntaje asignado a cada tercio, según grupo y número de vez que fueron utilizados los instrumentos.

3. Correlación de las variables de interés

Según el test de Chi-cuadrado (χ^2), la variable número de vez es independiente de la variable de la medición hecha en el tercio medio y en el tercio apical (Tabla VII).

Además el barro dentinario observado en el tercio medio es independiente de los grupos de estudio. A diferencia de lo que ocurre en el tercio apical, donde se detecta una dependencia de los valores de barro dentinario con el grupo al cual pertenecía.

Tercio	Examinador	Número de vez			Grupo		
		χ^2	valor-p	Decisión	χ^2	valor-p	Decisión
medio	1	0,00	1,00	Independientes	0,75	0,69	Independiente
	2	2,67	0,62	Independientes	4,28	0,37	Independiente
apical	1	2,52	0,64	Independientes	12,52	0,01	No Independiente
	2	7,97	0,09	Independientes	20,01	0,00	No Independiente

Tabla VII.- Resultados de la prueba Chi-cuadrado de independencia.

4. Estadística no paramétrica

Test de Kruskal-Wallis

Con la prueba de Kruskal-Wallis, se determinó que no existen diferencias significativas entre aquellos conductos que fueron instrumentados por limas utilizadas por 1^a, 2^a ó 3^a vez.

Además con el mismo test se comprobó que tampoco hay diferencias significativas entre los tercios medios de los grupos de estudio, pero sí se detectó diferencias significativas entre los tercios apicales (Tabla VIII).

Tercio	Examinador	Grupo			Número de vez		
		χ^2	valor-p	Decisión	χ^2	valor-p	Decisión
Medio	1	0,729	0,6945	Son Iguales	0,000	1,0000	Son iguales
	2	2,208	0,3315	Son Iguales	0,192	0,9084	Son iguales
Promedio		1,066	0,5869	Son Iguales	0,393	0,8215	Son iguales
Apical	1	9,752	0,0076	No son Iguales	1,704	0,4266	Son iguales
	2	16,151	0,0003	No son Iguales	0,002	0,9992	Son iguales
Promedio		14,469	0,0007	No son Iguales	1,099	0,5772	Son iguales

Tabla VIII.- Resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Test de Mann-Whitney

El test de Mann-Whitney indicó que existen diferencias significativas entre los grupos A-B y B-C. Al mismo tiempo se determinó que no existen diferencias significativas entre los grupos A y C (Tabla IX).

Grupo A – Grupo B	Tercio apical Valor-p = 0,0035	No son Iguales
Grupo A – Grupo C	Tercio apical Valor-p = 0,1430	Son Iguales
Grupo B – Grupo C	Tercio apical Valor-p = 0,0009	No son Iguales

Tabla IX.- Comparación por los pares de grupos utilizando el test de Mann-Whitney.

Prueba de Wilcoxon

La prueba de Wilcoxon decretó que entre los tercios medio y apical del grupo B, no existen diferencias significativas en la cantidad de barro dentinario. Pero sí existen diferencias entre los tercios medios y apical de los grupos A y C (Tabla X).

Grupo	Examinador 1			Examinador 2		
	Z	valor-p	Decisión	Z	valor-p	Decisión
A	-2,333	0,0196	No son iguales	-3,056	0,0022	No son iguales
B	-1,342	0,1797	Son iguales	-0,854	0,3930	Son iguales
C	-2,679	0,0074	No son iguales	-2,683	0,0073	No son iguales

Tabla X.- Resultados de la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

VI. DISCUSIÓN

A pesar de las investigaciones en curso y el constante desarrollo de materiales de endodoncia, la limpieza completa del sistema de conductos radiculares con materiales y técnicas aceptadas no es un procedimiento completamente predecible.

Por otro lado, uno de los objetivos, más relevantes durante la instrumentación e irrigación es la remoción eficiente de la dentina infectada, del tejido pulpar y del detritus de dentina. Todo esto para lograr eliminar, la mayor cantidad de microorganismos presentes en el sistema de canales radiculares.

En este contexto, nuestro estudio comparó el barro dentinario residual en conductos preparados con Protaper®, con y sin la utilización del quelante Glyde®. El rol de este quelante viscoso, es el de coadyudar en la instrumentación rotatoria del sistema de conductos radiculares.

El instrumento utilizado para medir el barro dentinario estipuló una puntuación de 1 a 3 de acuerdo a la cantidad de detritus presente en el segmento del canal radicular observado. Cuando se asignaba el puntaje 1, significaba la ausencia de detritus, y la máxima puntuación, revelaba más de la mitad del segmento del canal con detritus.

El estudio contó con 3 grupos, dentro de los cuales, el grupo C sirvió de control positivo, debido a que sólo se irrigó con suero fisiológico. Aparte, 3 muestras más no fueron instrumentadas para servir como control negativo. Ambos controles (positivo y negativo) permitieron a los observadores tener una referencia sobre la apariencia de los conductos radiculares preparados sin la irrigación adecuada y sin instrumentar.

En los grupos A y B, se recapituló con NaOCl 5,25% y como irrigación final, se usó EDTA 17% durante 1 minuto (Calt & Serper, 2002; Teixeira et al., 2005), luego NaOCl 5,25% (Yang et al., 2008), e inmediatamente después, suero fisiológico (Dotto et al., 2007). La irrigación final se aplicó para limpiar los conductos de barro dentinario y/o irrigante residual y para simular la actitud clínica del operador al realizar un tratamiento endodóntico. Este protocolo de irrigación se sustenta en el planteado por Yang et al. (2008).

Dotto et al. (2007), declararon que la irrigación con 5 ml de agua destilada como paso final durante la preparación biomecánica de los conductos radiculares, puede ser un procedimiento útil tras la irrigación con hipoclorito de sodio y EDTA. Esta afirmación se sustenta en el hecho de que el suero sería el responsable de arrastrar de forma mecánica los residuos precipitados sobre las paredes del canal radicular.

Varios estudios que evalúan la capacidad de los irrigantes para eliminar el barro dentinario, someten a prueba diferentes concentraciones de irrigantes líquidos (Teixeira et al., 2005; Carvalho et al., 2008; Zehnder et al., 2005; Grawehr et al., 2003), otros emplean quelantes viscosos, pero a diferentes concentraciones (Prati et al., 2004; Dotto et al., 2007, Putzer et al., 2008). No obstante, existen pocos estudios que valúen el barro dentinario cuando se aplica Glyde® como colaborador de la instrumentación rotatoria (Hülsmann et al., 2002; Lim et al., 2003; Girard et al., 2005; Grandini et al., 2002).

Hülsmann et al. (2002), reportaron que el uso de quelantes viscosos como Glyde®, contribuyen a dificultar la correcta eliminación del barro dentinario a nivel apical, y cuando se lo comparó con el grupo control, que utilizó EDTA líquido y NaOCl, hubo diferencias significativas en cuanto a la cantidad de barro dentinario residual observado. En los tercios medio y coronal, la cantidad de barro dentinario registrado fue similar en todos los grupos. Sus resultados concuerdan con los obtenidos en nuestro estudio, en el que se definió que existía significativamente más barro dentinario residual, en el grupo donde la instrumentación, era coadyuvada con Glyde®.

La razón de estos resultados, puede deberse a los componentes del mismo Glyde®, el cual contiene EDTA al 15%, peróxido de carbamida al 10% y excipientes como base para constituir el gel (Polietilenglicol-100, Propilenglicol, Pluronic F-127 y Alcohol cetílico). Esta base protege al EDTA de no ser oxidado por el peróxido, y además actúa como lubricante (Hülsmann et al., 2003). Su acción lubricante durante este estudio pudo ser comprobada, pues el operador declaró facilidad para alcanzar la longitud de trabajo y mínimo esfuerzo de la lima en el interior del conducto radicular, en comparación a lo percibido al instrumentar con irrigación convencional. Lo recién descrito, corrobora en base a evidencia clínica lo propuesto por los fabricantes de este producto. Esta característica tiene un gran valor práctico, pues en las ocasiones que se deba trabajar en conductos donde el acceso se vea dificultado, al aplicar Glyde® el trabajo será facilitado.

La presencia del peróxido en el quelante viscoso al ser usado en conjunción con hipoclorito de sodio, es cuestionable, ya que al ser el hipoclorito de sodio un agente oxidante más potente que el peróxido, puede ser reducido por este agente y perder su eficacia (Harada 2002, citado por Hülsmann et al., 2003). Es importante, tomar en cuenta que se observa un efecto inhibitorio mayor del hipoclorito de sodio cuando se usa de manera alternada con el peróxido, que cuando se mezclan, en cuanto a su capacidad para disolver tejidos (The 1979, citado por Hülsmann et al., 2003).

McComb & Smith (1975), determinaron que en conductos irrigados con hipoclorito de sodio al 6% y peróxido de hidrógeno al 3%, era posible observar tanto barro dentinario, como en aquellos donde sólo se usó agua destilada.

Además, EDTA es capaz de inactivar al hipoclorito de sodio, pues es un agente reductor menos potente que el hipoclorito de sodio, así se une a este último y acaba con el cloro libre en solución. De esta manera, obstaculiza la capacidad de disolver tejidos, del hipoclorito de sodio en solución (Grawehr et al., 2003; Zehnder et al., 2005).

Estas explicaciones, son válidas para los resultados obtenidos tanto por nuestro estudio, como para los conseguidos por Girard et al. (2005) y Lim et al. (2003).

En el estudio de Girard et al. (2005) demostraron que era necesaria, una cantidad relativamente pequeña de Glyde[®], para eliminar todo el cloro disponible en la solución de hipoclorito de sodio. Además, los remanentes de la pasta generaron una acción continua sobre el hipoclorito de sodio en los canales, no permitiendo la adecuada eliminación del barro dentinario, especialmente en el tercio apical.

En el estudio de Lim et al. (2003), evaluaron el barro dentinario en microscopio óptico, en conductos instrumentados con limas K-flex, utilizando Glyde[®] y NaOCl 1% entre cada instrumento, e irrigando finalmente con NaOCl. Esto fue comparado con otro grupo, en donde se irrigó con NaOCl 1% entre cada instrumento, y posteriormente con EDTA 17% y NaOCl respectivamente. Bajo las condiciones experimentales también encontraron que en los grupos donde se utilizó Glyde[®] se observó más barro dentinario que en los grupos con EDTA 17%, pero la diferencia no fue estadísticamente significativa en ninguno de los tercios, en contraste de nuestra investigación, que encontró diferencias significativas a nivel apical. Esto puede deberse a que en el estudio anterior, la última lima utilizada fue una #60, y en nuestro estudio se utilizó una lima Protaper[®] F3, equivalente a una #30. Baugh & Wallace (2005), reportan que la penetración de los irrigantes en el tercio apical depende del tamaño apical del instrumento usado en el canal radicular. Un aumento del diámetro apical, permite a los irrigantes llegar de mejor manera, con lo que es posible remover más eficientemente detritus y barro dentinario.

Dotto et al. (2007), encontraron mayores valores de barro dentinario a nivel apical, cuando la instrumentación del conducto radicular fue coayudada con un quelante en gel, pero la diferencia no fue significativa en comparación con el grupo que no lo usó. Esto puede ser, a causa de la concentración de EDTA y el tamaño apical, fueron superiores al de nuestra investigación.

En nuestro estudio existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tercios medio y apical del grupo donde se utilizó Glyde[®] y en el grupo control positivo,

no así en el grupo donde no se utilizó el quelante viscoso. Lo último se contradice con el estudio de Yang et al. (2008), en el grupo donde se utilizó EDTA 17% y NaOCl 5,25% como irrigación única. Esto, se observó, a pesar de que Yang et al. instrumentaron con Protaper® y utilizaron el mismo protocolo de irrigación para el grupo donde se aplicó EDTA 17% y NaOCl 5,25%. La variación entre resultados, pudo haberse producido por el instrumento de observación, que fue el microscopio electrónico de barrido.

Siguiendo esta misma línea de investigación, Grandini et al. (2002), determinaron que Glyde® como coadyudante a la irrigación de hipoclorito de sodio genera significativamente menor cantidad de barro dentinario que al emplear suero. Los resultados de este estudio también se contraponen con los obtenidos en nuestro reporte. Ellos, al observar bajo microscopio electrónico de barrido, con magnificación hasta de 500x, establecieron que al irrigar con suero no era posible observar los túbulos dentinarios por la gran cantidad de barro dentinario presente. En cambio, con la magnificación empleada en nuestro estudio sólo era posible observar superficies, lo cual fue considerado como una limitación del estudio.

Prati et al. (2004), compararon distintos sistemas de instrumentación rotatoria, utilizando dentro de su protocolo de irrigación, un quelante de consistencia viscosa, y en todos los grupos encontraron diferencias significativas entre el tercio apical y medio.

Las concentraciones de los irrigantes aplicadas en este estudio son lo suficientemente activas como para generar una remoción eficiente del barro dentinario sin dañar de manera grave la arquitectura dentinaria (Schäfer & Zapke, 2000; Gambarini & Laszkiewics, 2002; Hülsmann et al., 2005). Aunque en nuestra investigación la irrigación empleada fue NaOCl 5,25% entre cada instrumento, e irrigación final con EDTA 17% por 1 minuto, luego NaOCl y suero fisiológico, no se logró la completa eliminación del barro dentinario, al evaluarlo bajo microscopía óptica.

En cuanto al número de veces que son empleados los sistemas rotatorios, el fabricante de Protaper® (Densply, Maillefer), sugiere utilizar sólo una vez cada set de limas, para que ellas no pierdan sus propiedades de corte y se reduzca el riesgo de separación del instrumento. Ante esta recomendación existen en la literatura varios estudios experimentales que utilizan sólo un set de limas por conductos (Dotto et al., 2007; Prati et al., 2004). Otros simplemente no indican la cantidad de veces que se utilizaron (Lim et al., 2003; Girard et al., 2005). En este estudio fueron utilizados 3 veces cada set, para poner a prueba su performance cuando se usan en varias ocasiones. Sin embargo, como el uso y la subsiguiente esterilización del instrumental

rotatorio de forma repetida lo hace más susceptible a la pérdida de sus propiedades y a la ocurrencia de accidentes, se estimó necesario determinar el número de veces que se iba a emplear cada set. Para ello, se consideraron los resultados obtenidos por Wolcott et al. (2006). Ellos sugirieron utilizar como máximo 3 veces, en distintos tratamientos, las limas Protaper®, ya que a la cuarta vez, existe mayor posibilidad de que el instrumento, sobre todo F3, pierda sus propiedades de corte y superelasticidad.

Durante la preparación de las muestras, en nuestro estudio, no ocurrió ninguna separación de instrumentos, y se apreció una total independencia entre el barro dentinario residual registrado y el número de vez que fue usado el instrumento. Sin embargo, un instrumento de medición con mayor precisión, como el microscopio electrónico de barrido, tal vez, hubiese arrojado otros resultados. Por otro lado, un mayor número de muestras en este estudio hubiese permitido obtener un número adecuado para realizar pruebas estadísticas entre la 1ª, 2ª y 3ª vez de utilización del instrumento, dentro del mismo grupo. En nuestra investigación se comparó cada número de vez combinado con los tres grupos de estudio, y en base a los resultados obtenidos, los grupos irrigados con Glyde® y suero, elevaban inmediatamente los valores de barro dentinario.

Otro hecho que contribuyó a los resultados obtenidos en relación al número de vez que fue usado el instrumento fue el bajo stress al que fue sometido el instrumental rotatorio. La tensión experimentada en raíces unirradiculares y sin curvatura, no puede ser comparada con la que en general perciben los conductos con curvatura moderada a severa.

Todas las evaluaciones de barro dentinario realizadas en los estudios revisados se basan en cualidades del mismo. Con la idea de hacer lo observado medible, dichas características se codifican de acuerdo a un orden ascendente de menor a mayor. Desafortunadamente, ninguno de los estudios revisados concordaba exactamente en el instrumento con que cotejaban al barro dentinario. La presencia de distintas modalidades de cuantificación del barro dentinario se consideró como una limitación del estudio, puesto que esto hacía a los trabajos poco comparables entre sí.

La presente investigación se basó en la herramienta utilizada por Lim et al. (2003), para la valoración del barro dentinario bajo microscopía óptica. Los demás estudios revisados lo evaluaban bajo microscopía electrónica de barrido, con el que obtenían observaciones más precisas de los túbulos dentinarios, restos pulpares, dentina intertubular y peritubular, etc.

Por último, otra limitación que es importante manifestar, es la imposibilidad de conocer la edad cronológica de los dientes, o el tiempo transcurrido desde que fueron extraídos. Al no existir acceso a algún banco de dientes donde estuvieran clasificados, el grado de calcificación era azaroso entre las muestras del estudio, lo que pudo generar un nivel de desgaste dentinario diferente para cada espécimen, pudiendo haber afectado los resultados. Finalmente, a causa de que la acción de las sustancias quelantes depende del grado de calcificación de los conductos radiculares, el no lograr estandarizar esta variable los resultados pudieron verse alterados.

De acuerdo a lo concluido en este estudio, el hecho de que Glyde® deje mayor cantidad de barro dentinario intraconducto, evitaría la adecuada limpieza y desinfección del sistema radicular, por lo que sería necesario una acción quelante más agresiva. Siguiendo esta lógica, proponemos que sería interesante evaluar los efectos dentinarios ante la exposición de EDTA líquido al 17%. Considerando diferentes periodos de tiempo de exposición del quelante y aplicándolo al final de la instrumentación de conductos tratados con Glyde® como coadyudante.

Los resultados obtenidos podrían compararse con otros estudios (Teixeira et al., 2005; Carvalho et al., 2008), que emplearon quelantes líquidos, y que observaron un mayor grado de erosiones a nivel de la dentina inter y peritubular, mientras más prolongado era el tiempo de exposición.

Por último, debido a que son innegables las ventajas que otorga Glyde® como lubricante para instrumentos rotatorios durante la instrumentación de conductos estrechos y curvados, su uso no debe descartarse, sino que debe seguir estudiándose hasta llegar a obtener resultados con alto nivel de evidencia, en cuanto a la totalidad de sus características. Lo anterior, puede ser logrado evaluando su empleo sólo en el primer instrumento utilizado para la preparación de los canales radiculares. Esto orientará la búsqueda de un protocolo de uso que aproveche sus excelentes características como lubricante.

VII. CONCLUSIONES

1. No existieron diferencias significativas entre el tercio medio del canal radicular de todos los grupos del estudio, pero a nivel apical, aquel grupo que se instrumentó con la ayuda de Glyde[®], sí generó significativamente más barro dentinario que el grupo donde no se usó este producto. A pesar que el grupo control positivo, fue evaluado como el grupo con mayor presencia de barro dentinario, no tuvo diferencias significativas con el grupo donde se utilizó Glyde[®].

2. En todos los tercios medios de los canales radiculares hubo menor presencia de barro dentinario que en el tercio apical, pero sólo hubo diferencias significativas en el grupo control positivo y en el grupo donde se empleó Glyde[®].

3. El número de vez que fue utilizado el set de limas Protaper[®], no tiene relación con la cantidad de barro dentinario residual, cuando las limas son usadas, hasta por tercera vez.

VIII. SUGERENCIAS

1. En un próximo estudio sugerimos medir el barro dentinario residual, al usar quelantes viscosos, pero sin emplearlo de manera alternada con el hipoclorito de sodio, vale decir, aplicarlo sólo en el primer instrumento.

2. De acuerdo a lo concluido en nuestro estudio, el hecho de que Glyde® deje mayor cantidad de barro dentinario intraconducto, evitaría la adecuada limpieza y desinfección del sistema radicular, por lo que tal vez, sería necesario una acción quelante más agresiva. Siguiendo esta lógica, proponemos que sería interesante evaluar los efectos dentinarios ante la exposición de EDTA líquido al 17%, considerando un mayor tiempo de exposición de este quelante al final de la instrumentación de conductos tratados.

IX. RESUMEN

Background: Quelantes de consistencia viscosa son utilizados para ayudar la instrumentación en conductos muy estrechos, pero esto podría contribuir al acúmulo de más barro dentinario.

Objetivo: Comparar el barro dentinario residual, al instrumentar conductos radiculares, utilizando un quelante viscoso o no.

Materiales y Métodos: 36 incisivos inferiores extraídos, fueron instrumentados con Protaper y divididos en tres grupos. El grupo A y B fueron irrigados con NaOCl 5,25% entre cada lima, y al terminar de instrumentar se irrigó con EDTA 17% (1 minuto), luego con NaOCl 5,25% y finalmente suero fisiológico, pero en el grupo A, además se utilizó un quelante viscoso entre cada lima. El grupo C sólo fue irrigado con suero fisiológico. Tres dientes no fueron instrumentados e irrigados (control negativo). Los dientes fueron seccionados longitudinalmente y divididos en tercios para ser evaluados en microscopía óptica. Los valores de detritus obtenidos fueron analizados con estadística no paramétrica ($p < 0.05$).

Resultados: En cada tercio medio se encontró una mediana y moda de valor 1 en todos los grupos. En cambio en el tercio apical del grupo A se encontró una moda y mediana igual a 2; en el grupo B una moda de 1 y 2, y una mediana de 1,5 y en el grupo C una moda de 3, y una mediana de 2.

Conclusión: Conductos instrumentados con la ayuda de un quelante viscoso, acumulan significativamente más barro dentinario.

Discusión: Se debe hacer una exhaustiva evaluación del diente y pronóstico antes de utilizar quelantes de consistencia viscosa, ya que permiten un mejor manejo de conductos estrechos, pero contribuyen a la acumulación de más barro dentinario.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alapati SB., Brantley WA., Svec TA., Powers JM., Nusstein JM., Daehn GS. (2004): Proposed role of embedded dentin chips for the clinical failure of nickel–titanium rotary instruments. *J Endod.* 30:339-341.

Bahia M., Martins R., Gonzalez B., Buono V. (2005): Physical and mechanical characterization and the influence of cyclic loading on the behavior of nickel-titanium wires employed in the manufacture of rotary endodontic instruments. *International Endodontic Journal.* 38:795-801.

Baker N., Eleazer P., Averbach R., Seltzer S (1975): Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions. *Journal of Endodontics.* 1:127-135.

Baugh D., Wallace J. (2005): The role of apical instrumentation in root canal treatment: a review of the literature. *J Endod.* 31:333-340.

Bergmans L., Van Cleynenbreugel J., Wevers M., Lambrechts P. (2001): Mechanical root canal preparation with NiTi rotary instruments: rationale, performance and safety. Status report for the American Journal of Dentistry. *American Journal of Dentistry.* 14: 324–33.

Calt S., Serper A. (2002): Time-depend effects of EDTA on dentin structures. *J. Endod.* 28:17-19.

Calvo V., Medina M., Sanchez U. (1989): The possible role of ph changes during EDTA demineralization of teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 68:220-2.

Carvalho A., Ribero C., Carneiro M., Alfonso S., Gasparoto M. (2008): Smear layer Removal by Auxiliary Chemical Substances in Biomechanical Preparation: A Scanning Electron Microscope Study. *J. Endod.* 34:1396-1400.

Chen K., Crone W., Voss E. (2004): Aleaciones de forma de memoria en el salón de clases, laboratorio y proyectos estudiantiles. *J materials education.* 26(3-4):313-320.

Clarke-Holke D., Drake D., Walton R., Rivera E., Guthmiller J. (2003): Bacterial penetration through canals of endodontically treated teeth in the presence or absence of the smear layer. *J Dentistry.* 31:275-281.

Clarke B., Carroll W., Rochev Y., Hynes M., Bradley D., Plumley D. (2006): Influence of Nitinol wire surface treatment on oxide thickness and composition and its subsequent effect on corrosion resistance and nickel ion release. *J Biomed Mater Res.* 79: 61-70.

Clauder T., Baumann M. (2004): ProTaper NT system. *Dent. Clin. N. Am.* 48:87-111.

Cohen S., Hargreaves K. (2008): *Vías de la pulpa*. Editorial Elsevier. Madrid, España.

Darabara M., Bourithis L., Zinelis S., Papadimitriou G., (2004): Susceptibility to localized corrosion of stainless steel and NiTi endodontic instruments in irrigating solutions. *Int. Endod. J.* 37:705-534.

Dautel-Morazin A., Vulcain J., Bonnaure- Mallet M. (1994): An ultrastructural study of the smear layer: comparative aspects using secondary electron image and backscattered electron image. *J Endod.* 11:531-534.

Dentsply Maillefer (1999): *Glyde™ File Prep Instructional Guide*. Switzerland: Ballaigues.

Dippel H., Hoppenbrouwers P., Borggreven J. (1984): Morphology and permeability of the dentinal smear layer. *J Prosth. Dent.* 52: 657-662.

Dogan H., Calt S. (2001): Effects of chelating agents and sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. *J Endod.* 27:578- 580.

Dotto S., Coelho M., Motcy E., De Lima M., Martins J. (2007): Evaluation of ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) solution an gel for smear layer removal. *Aust Endod J.* 33:62-65.

Drake D., Wiemann A., Rivera E., Walton R. (1994): Bacterial retention in canal walls in vitro: effect of smear layer. *J Endod.* 20:78-82.

El Medavar L., Rocher P., Hornez J., Traisnel M., Breme J., Hildebrand H. (2002): Electrochemical an cytocompatibility assessment of NITINOL memory shape alloy for orthodontic use. *Biomol Eng.* 19:153-60.

Estrela C. (2005): *Ciencia Endodóntica*. Editorial Artes Médicas. Sao Paulo, Brasil.

Foster K., Kulid J., Weller R. (1993): Effect of smear layer removal on the diffusion of calcium hydroxide through radicular dentin. *J Endod.* 9:136-40.

Gambarini G., Laszkiewics J. (2002): A scanning electron microscopic study of debris and smear layer remaining following use of GT rotary instruments. *Int Endod J.* 35:422-7.

Gençoglu N., Samami S., Günday M. (1993a): Dentinal wall adaptation of thermoplasticized gutta-percha in the absence or presence of smear layer: a scanning electron microscopy study. *J Endod.* 11:558:62.

Gençoglu N., Samami S., Günday M. (1993b): Evaluation of sealing properties of Thermafil and Ultrafil in the absence or presence of smear layer. *J Endod.* 12:599-603.

George S., Kishen A., Song K. (2005): The role of environmental changes on monospecies biofilm formation on root canal wall by *Enterococcus faecalis*. *J Endod.* 31:867-72.

Gettleman B., Messer H., Eldeeb M. (1991): Adhesion of sealer cements to dentin with and without the smear layer. *J Endod.* 1:15-20.

Girard S., Paqué F., Badertscher M., Sener B., Zehnder M. (2005): Assessment of a gel-type chelating preparation containing 1-hydroxyethylidene-1, 1-biophosphonate. *Int Endod J.* 38:810-6.

Goldberg F., Abramovich A. (1997): Analysis of effect of EDTAC on the dentinal walls of the root canal. *J Endod.* 3:101-105.

Grandini S., Balleri P., Ferrari M. (2002): Evaluation of Glyde File Prep in combination with sodium hypochlorite as a root canal irrigant. *J Endod.* 28:300-3.

Grawehr M., Sener B., Waltimo T., Zehnder M. (2003): Interactions of ethylenediaminetetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *Int Endod J.* 36:411-415.

Gutiérrez J., Herrera V., Berg E., Villena F., Jofre A. (1990): The risk of intentional dissolution of the smear layer after mechanical preparation of root Canals. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology.* 70:96-108.

Gutmann J., Dumsha T., Lovdahl P. (2007): Solución de problemas en Endodoncia. Prevención, identificación y tratamiento. Elsevier España, 4ª edición.

Haikel Y., Serfaty R., Bateman G., Senger B., Allemann C. (1999): Dynamic and cyclic fatigue of engine-driven rotary nickel-titanium endodontic instruments. *J. Endod.* 25: 434–40.

Hayashi Y., Yoneyama T., Yahata., Miyai K., Doi H., Hanawa T., Ebihara A., Suda H. (2007): Phase transformation behaviour and vending properties of hybrid nickel-titanium rotary endodontic instruments. *Int Endod J.* 40:247-253.

Heling L., Irani E., Kami S., Steinberg D. (1999): In vitro antimicrobial effect of Rc-prep within dentinal tubules. *J Endod.* 25(12):782-85.

Hülsmann M., Heckendorff M., Schäfers F. (2002): Comparative in-vitro evaluation of three chelator pastes. *Int Endod J.* 35:668-79.

Hülsmann M., Heckendorff M., Lennon Á. (2003): Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J.* 36:810-30.

Hülsmann M., Peters O., Dummer P. (2005): Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic Topics.* 10: 30–76.

Kavanagh D., Lumley P. (1998): An in vitro evaluation of canal preparation using Profile .04 and .06 taper instruments. *Endodontics and Dental Traumatology*. 14:16–20.

Leonardo M., De Toledo R. (2002): *Sistemas Rotatorios en Endodoncia: Instrumentos de Níquel-Titanio*. Primera Edición, Editorial Artes Médicas Latinoamérica.

Leonardo R. (2005): *Endodoncia, Tratamiento de conductos radiculares, principios técnicos y biológicos*. Volumen 1. Editorial Artes Médicas, Sao Paulo, Brasil.

Leonardo R. (2005): *Endodoncia, Tratamiento de conductos radiculares, principios técnicos y biológicos*. Volumen 2. Editorial Artes Médicas, Sao Paulo, Brasil.

Lim T., Wee T., Choi M., Koh W., Sae-Lim V. (2003): Light and scanning electron microscopic evaluation of Glyde File Prep in smear layer removal. *Int Endod J*. 36(5):336-43.

Lopes H., Ferreira A., Elias C., Moreira E., de Oliveira J., Siqueira J Jr.(2009): Influence of rotational speed on the cyclic fatigue of rotary nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod*. 35(7):1013-6.

Luebke N., Brantley W. (1991): Torsional and metallurgical properties of rotary endodontic instruments. 2. Stainless steel Gates Glidden drills. *J Endod*. 17:319–23.

Mader C., Baumgartner J., Peters D. (1984): Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod*. 10:477-83.

McComb D., Smith D. (1975): A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod*. 1:238-42.

Michelis A. (2005): *Nuevo tratamiento de oxidación de aleaciones NiTi para aplicaciones biomédicas. Caracterización superficial y respuesta biológica in vitro*. Tesis Doctorado. Universidad Politécnica de Catalunya.

Monteiro C., Viti L. (2000): Comparative analysis of curved root canal preparation using nickel-titanium instruments with or without EDTA. *J Endod*. 26(5):278-80.

Ounsi HF., Salameh Z., Al-Shalan T., Ferrari M., Grandini S., Pashley DH., Tay FR. (2007): Effect of clinical use on the cyclic fatigue resistance of ProTaper nickel-titanium rotary instruments. *J. Endod*. 33(6): 737-41.

Pashley D., Michelich V., Kehl T. (1981): Dentin permeability: effects of smear layer removal. *J Prosthet Dent*. 46(5):531-7.

Peters O., Peters C., Schonenberger K., Barbakow F. (2003a): ProTaper rotary root canal preparation effects of canal anatomy on final shape analyzed by micro CT. *International Endodontic Journal*. 36: 86-92.

Peters O., Peters C., Schonenberger K., Barbakow F. (2003b): ProTaper rotary root canal preparation: assessment of torque and force in relation to canal anatomy. *International Endodontic Journal*. 36: 93-9

Plotino G., Grande NM., Cordaro M., Testarelli L., Gambarini G. (2009): A review of cyclic fatigue testing of nickel-titanium rotary instruments. *J Endod*. 35(11): 1469-76.

Ponti T., McDonald N., Kuttler S., Strassler H., Dumsha T. (2002): Canal centering ability of two rotary files systems. *J Endod*. 28:283-6.

Prati C., Foschi F., Nucci C., Montebugnoli L., Marchionni S. (2004): Appearance of the root canal walls after preparation with NiTi rotary instruments: a comparative SEM investigation. *Clin Oral Investig*. 8(2):102-10.

Pruett J., Clement D., Carnes D. (1997): Cyclic fatigue testing of Nickel-Titanium endodontic instruments. *J Endod*. 23:77– 85.

Pun D., Berzins D. (2008): Corrosion behavior of shape memory, superelastic, and nonsuperelastic nickel-titanium-based orthodontic wires at various temperatures. *Dent Mat*. 24:221-7.

Putzer P., Hoy L., Günay H. (2008): Highly concentrated EDTA gel improves cleaning efficiency of root canal preparation in vitro. *Clin Oral Invest*. 12:319-24.

Ruddle C. (2002): Shaping the future of endodontics. The ProTaper. Geometries, Features and Guidelines for Use. *Newsletter Dentsply Maillefer*.

Ruddle C. (2005): The ProTaper technique. *Endodontic Topics*; 10: 187-190.

Sattapan B., Nervo G., Palamara J., Messer H. (2000): Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. *J Endod*. 26: 161–5.

Schäfer E., Zapke K. (2000): A comparative scanning electron microscopic investigation of the efficacy of manual and automated instrumentation of root canals. *J Endod*. 26:660-4.

Shahravan A., Haghdoost A., Adl A., Rahimi H., Shadifar F. (2007): Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systemic review and meta-analysis. *J Endod*. 33(2):96-105.

Shen Y., Cheung G., Bian Z., Peng B. (2006): Comparison of defects in ProFile and ProTaper systems after clinical use. *J Endod*. 32:61-5.

Steinberg D., Raziq A., Heling L. (1999): In vitro antibacterial effect of Rc-prep components on *Streptococcus sobrinus*. *Endod Dent Traumat.* 15:171-4.

Sung-Eun Y., Kwang-Shik B. (2002): Scanning electron microscopy study of the adhesion of *Prevotella nigrescens* to the dentin of prepared root canals. *J Endod.* 28(6):433-37.

Teixeira C., Felipe M., Felipe W. (2005): The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. *Int Endod J.* 38:285-90.

Thompson SA. (2000): An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J.* 33: 297-310.

Torabinejad M., Handysides R., Khademi A., Bakland L. (2002): Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 94(6):658-66.

Walton R. (1992): Conceptos urgentes en la preparación de conductos. *Dent Clin Nort Am.* 2:330.

White R., Goldman M., Lin P. (1987): The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by endodontic filling materials. Part II. *J Endod.* 13(8):369-74.

Widu F., Drescher D., Junker R., Bourauel C. (1999): Corrosion and biocompatibility of orthodontic wires. *J Mater Sci Mater Med.* 10:275-81.

Wolcott S., Wolcott J., Ishley D., Kennedy W., Johnson S., Minnich S., Meyers J. (2006): Separation incidence of protaper rotary instruments: a large cohort clinical evaluation. *J Endod.* 32(12):1139-41.

Yang G., Wu H., Zheng Y., Zhang H., Li H., Zhou X. (2008): Scanning electron microscopic evaluation of debris and smear layer remaining following use of ProTaper and Hero Shaper instruments in combination with NaOCl and EDTA irrigation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 106(4):63-71.

Yared GM., Dagher FEB., Machtou P. (1999): Cyclic fatigue of profile rotary instruments after simulated clinical use. *International Endodontic Journal.* 32: 115-119.

Yun H., Kim S., Korea D. (2003): A comparison of the shaping abilities of 4 nickel-titanium rotary instruments in simulated root canals. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology.* 95: 228-33.

Zehnder M., Schmidlin P., Sener B., Waltimo T. (2005): Chelation in root canal therapy reconsidered. *J Endod.* 31(11):617-21.

Zinelis S., Eliades T., Eliades G. (2010): A metallurgical characterization of ten endodontic Ni-Ti instruments: assessing the clinical relevance of shape memory and superelastic properties of Ni-Ti endodontic instruments. *Int Endod J.* 43:125-34.

Zuolo M., Walton R. (1997): Instrument deterioration with usage: Nickel-Titanium versus stainless steel. *Quintessence Int.* 28:397–402.