



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

CONFORMACIÓN DE CONDUCTOS  
RADICULARES CON EL SISTEMA BIORACE®  
FKG, EN 3D.

**TESINA**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**CIRUJANA DENTISTA**

P R E S E N T A:

MARICRUZ LIZBETH NAVOR ARANDA

TUTORA: Esp. ANA GUADALUPE ONTIVEROS  
GRANADOS

ASESORA: Esp. ROXANA BERENICE MARTÍNEZ  
VÁZQUEZ



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

¡Gracias Dios Por hacerme vivir! por demostrarme lo grande que eres. Todo lo que soy, tengo y siento es por ti y agradezco que me permitas soñar y me acompañes en todo momento para cumplirlo que sea; porque aun cuando no te pongo en prioridad, tu sigues conmigo. Te Amo.

Gracias a mis padres por ser mis maestros de vida, por ser mi impulso y mi fortaleza. Porque por su amor y entrega a nuestra familia merecen tener lo mejor en todo momento. Los amo

Gracias Mamá por enseñarme a soñar, por ser mi mejor amiga, por darlo todo por nuestra familia, porque gracias a tus palabras, a tus acciones y a tus cuidados he aprendido a valorar y amar lo que soy. Estoy muy orgullosa de ti y deseo que siempre seas feliz, porque eres una buena mujer.

Gracias papá por ser el hombre que eres, por todo tu amor y entrega para nosotros. Por apoyarme en todo momento y en todas las formas, por no dejarme rendir nunca y acompañarme siempre. Me llena de orgullo ser tu hija.

Gracias hermanitos, por escucharme, por sus consejos, por ser mis cómplices y mi apoyo incondicional en esta vida. Gaby estoy muy orgullosa de ti y que honor poder compartir esta profesión. Toño, siempre tendrás mi apoyo y mi amor y sé que cumplirás tus sueños y ahí estaré para ti. Es un placer compartir nuestra familia y aunque a veces soy difícil; siempre estaré para ustedes en cualquier momento. Los amo mucho y se que siempre cumpliremos nuestros sueños.

A mi querida Universidad Nacional Autónoma de México, el mejor de mis sueños y el más grande de mi vida; quiero agradecer por enseñarme a crecer. A la Facultad de Odontología por ser mi segundo hogar y darme las herramientas para afrontar la vida y dejarme encontrar mi pasión por esta bella profesión. Por las grandes amistades que recorrieron estos años y todos los momentos y estados de humor por los que pase.

Gracias Gris por ser el mejor equipo de mi carrera. Te quiero mucho y gracias por tu amistad incondicional. Deseo que la vida nos permita seguir creciendo juntas.

Gracias a mis amigos, a los que se alegran por mis triunfos y me apoyan en todo momento, aun en las situaciones complicadas. Gracias por creer en mi y darme el regalo mas grande de la vida que es su amistad. Por que juntos siempre lo podemos todo.

Gracias a la Especialista Ana Guadalupe Ontiveros Granados por su paciencia en esta tutoría, pero sobre todo gracias por su entrega y dedicación.

Gracias a la Especialista Roxana Berenice Martínez Vázquez, por su tiempo y paciencia en este trabajo.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	5
OBJETIVO.....	6
1.ANTECEDENTES HISTORICOS .....	7
2.MORFOLOGIA DEL SISTEMA DE CONDUCTOS RADICULARES	11
3.CONFORMACIÓN Y LIMPIEZA DE CONDUCTOS .....	19
3.1 Objetivos de la conformación .....	20
4. INSTRUMENTOS .....	22
4.1 Estandarización de Instrumentos .....	23
4.2 Métodos de elaboración .....	25
4.3 Aleaciones .....	26
4.4 Instrumentos Manuales .....	29
4.5 Instrumentos Rotatorios .....	32
4.6 Motores .....	37
4.7 Técnicas de instrumentación .....	39
5.IRRIGACIÓN .....	42
5.1 Objetivos de irrigación .....	43
5.2 Principales irrigantes .....	45
5.3 Técnicas de Irrigación .....	47
6.SISTEMA BIORACE® .....	50
6.1 Características del Sistema BioRace® .....	51
6.2 Técnica de instrumentación con el Sistema BioRace® .....	52

6.3 Comparación del sistema BioRace® Con otros Sistemas rotatorios.....	56
Conclusiones.....	62
Referencias Bibliográficas .....	63

## INTRODUCCIÓN

El tratamiento de conductos radiculares es el procedimiento que permite mantener el diente en boca, logrando así que el paciente conserve función y estética.

El principal factor etiológico que afecta el tejido pulpar son los microorganismos, principalmente presentes en la caries dental, los cuales a través de los túbulos dentinarios, avanzan hacia tejido pulpar, provocando necrosis y lo cual podría provocar la inflamación de los tejidos periapicales, estableciéndose la patología periapical.

El tratamiento de conductos es un procedimiento que gracias a los avances científicos y tecnológicos tiene un porcentaje de éxito hasta de un 95% según diversos autores, la principal limitante que puede llevar al fracaso es la compleja anatomía de los conductos radiculares.

Por ello el clínico debe conocer la morfología radicular, el instrumental y técnicas de conformación y limpieza que permitirá disminuir la cantidad microorganismos presentes en los conductos radiculares.

El presente trabajo es una revisión bibliográfica donde se describe la técnica de uso, ventajas y desventajas del sistema rotatorio BioRace® de la casa comercial FKG. Así como la eficacia que ofrece el sistema BioRace® por sus propiedades ante todos los factores a los que nos enfrentamos al realizar un tratamiento de conductos y de esta manera hacer la comparación en objetivos de limpieza y conformación con otros sistemas rotatorios.

## OBJETIVO

Conocer las características morfológicas del sistema rotatorio BioRace® para la conformación de los conductos radiculares, comprendiendo su técnica de instrumentación, estableciendo ventajas y desventajas que presenta el sistema al compararlo con otros sistemas rotatorios.

## 1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Con el paso del tiempo se ha mejorado la técnica para realizar el tratamiento de los conductos radiculares, gracias a nuevos instrumentos y técnicas actuales de irrigación, al igual que el material de obturación y el uso de tecnología como el microscopio el ultrasonido y el cone beam.

A continuación, se describe brevemente los antecedentes históricos del tratamiento de conductos radiculares y los instrumentos que se han utilizado para la conformación de los mismos.

Antony van Leeuwenhoek construyó el primer microscopio y estudió la estructura dentaria haciendo en 1678 una descripción exacta de los conductos dentinarios, señalando también la presencia de microorganismos en los conductos radiculares.<sup>1</sup>

En el siglo XVIII, Pierre Fauchard hace dos publicaciones: Le chirugien dentiste o Traité des dents en el año 1728, donde recomendaba para las cavidades de caries profundas con dolor, curaciones con mechas de algodón embebidas en aceite de clavo o eugenol. En los casos de abscesos indicaba, la introducción de una sonda en el conducto radicular para el drenaje del proceso purulento y empleaba para la obturación de los conductos el plomo en lámina.

En 1820, Leonard Koecker cauterizo una pulpa expuesta con un instrumento caliente y lo protegió con una pasta y Edwin Maynard en 1838 realiza la fabricación del primer instrumento endodóntico partiendo de una cuerda de reloj, así como otros instrumentos para el ensanchamiento y conformación cónica del conducto; siendo la preparación en sentido corono-apical y presentando una serie enumerada del 1 al 6 y del 7al 12. <sup>1,2</sup>

En el año de 1892 se hace referencia a el primer instrumento rotatorio utilizando agujas finas con cortes rectangulares y en 1899, Rollins desarrolla una pieza de mano dental.<sup>2,8</sup>

Las primeras limas de endodoncia fueron fabricadas en acero-carbono lo cual presentaba oxidación; a partir de 1901 es cuando la casa Kerr introdujo al mercado la primera lima K, la cual era torcida en frio sobre su propio eje longitudinal para producir la lamina de corte.<sup>3,4</sup>

Walker en 1936 emplea el hipoclorito de sodio como solución irrigante.<sup>5</sup>

Ingle en 1958, propuso un sistema de estandarización de instrumentos y conos de gutapercha, representando el diámetro en la punta activa por decimas de milímetro. Esta estandarización es aceptada en 1962 por la asociación Americana de Endodoncia (AAE), a este hecho se le considera el mayor avance en el perfeccionamiento de instrumentos endodónticos y es así que en el mismo año se origina la International Standard Organization (I.S.O ).<sup>2,8</sup>

En los años sesenta las aleaciones Niquel-Titanio (Ni-Ti) fueron desarrolladas para el uso industrial por William Buehler en Estados Unidos de América en 1958, con propiedades anti magnéticas y resistencia a la corrosión, para aplicar en piezas e instrumentos destinados al programa espacial. Las aleaciones recibieron el nombre de Nitinol por el acrónimo de Niquel- Titanio y Nol por haber sido desarrolladas en el Naval Ordnance Laboratory, un centro de investigación de la marina norteamericana.<sup>7</sup>

Para 1963 la Endodoncia es reconocida como especialidad y considerada por la ADA. El Dr. Herbert Schilder en 1974 lanza el concepto de limpieza y conformación que se sigue utilizando en la actualidad. Por lo que con el paso del tiempo los complementos fueron aumentando con una base científica y comprobada para llegar a los instrumentos y las técnicas de preparación y obturación de conductos como se desarrollan en la última década del siglo XX, que se conocen y utilizan hoy en día.<sup>2</sup>

Durante el año de 1969; Clem destaca la importancia de trabajar en etapas durante la preparación de raíces curvas; instrumentando el tercio apical con instrumentos de menor calibre seguido de una preparación de retroceso progresiva y con el aumento de calibre de los instrumentos en sentido apico-coronal, hoy en día llamada step-back preparation (preparación escalonada).<sup>2</sup>

A partir del año de 1985, las Limas Flex-R son fabricadas a partir de una asta metálica cónica, mediante desgastes, cuentan con una sección triangular lo que favorece un mejor corte y son comercializadas por Moyco, creadas por James Roane, que introduce su técnica de fuerzas balanceadas que manejan el instrumento en sentido horario y antihorario.<sup>2,4</sup>

En 1988 Walia, Gerstein y Bryant realizaron la primera serie de ensayos comparativos que demostraron las ventajas de las limas de Niquel-Titanio (Ni-Ti) sobre las de acero inoxidable. A principios de la década de los noventa se diseñaron motores para los instrumentos rotatorios.<sup>5</sup>

En 1991, la NT Company (Estados Unidos) introdujo las primeras limas comerciales de Niquel-Titanio manuales y mecanizadas. Estas aleaciones presentan varias ventajas entre ellas, una elevada resistencia a la corrosión y una buena biocompatibilidad y dos propiedades fundamentales: el efecto de memoria de forma y superelasticidad.

FKG Dentaire SA ganó un nuevo impulso en 1994, cuando la familia Rouiller se hizo cargo de la empresa. La familia impulsó a FKG a la vanguardia en el desarrollo, fabricación y distribución de productos dentales destinados a médicos generales, endodoncistas y laboratorios.

La estrategia de FKG se centra en productos innovadores de alta precisión y en la creación de máquinas diseñadas específicamente para el campo dental.<sup>9</sup>

Es así como en 1997 FKG desarrolló un instrumento rotatorio de Ni-Ti completamente revolucionario, "Race" (escariadores con bordes de corte alternativos). En 1998 FKG obtuvo la certificación ISO. Para el siguiente año se realiza el lanzamiento de Safety Memo Disc, que es un sistema de reducción para controlar la fatiga del metal.

Por lo que los fabricantes de FKG han intentado mejorar el diseño de las limas, que generalmente requieren modificaciones del área de la sección transversal, del ángulo y la profundidad de las espiras cortantes, así como el diseño de la punta. En el 2007 se realiza el lanzamiento de una nueva línea de instrumentos ergonómicos manuales con un sistema de reducción integrado, el SMG "SafetyMemoGrip". Y en 2008 se realiza el lanzamiento de la secuencia BioRace.<sup>10</sup>

## 2. MORFOLOGIA DEL SISTEMA DE CONDUCTOS RADICULARES

El fracaso en Endodoncia se ha relacionado con diferentes factores: obturación incompleta del sistema de conductos radiculares, filtración coronal y fallas por parte del operador en reconocer la presencia de conductos y sus ramificaciones.<sup>8,11</sup>

A continuación, se describe brevemente las características de los conductos radiculares de los diferentes grupos de dientes presentes en cavidad oral.

### ➤ Incisivo Central y Lateral superior

La forma del conducto, de cervical hacia apical, sigue la forma de la raíz, siendo única, cónica y recta con un ápice redondeado y romo. (Fig.1) Generalmente hay poca curvatura apical, cuando está presente es hacia distal o bucal. <sup>5,9</sup> (Fig. 2)

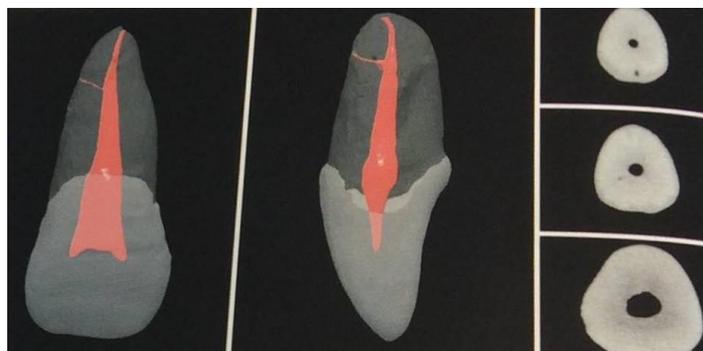


Fig.1 Microtomografía computarizada de incisivos centrales superiores. Incisivo central con un conducto lateral.<sup>5</sup>

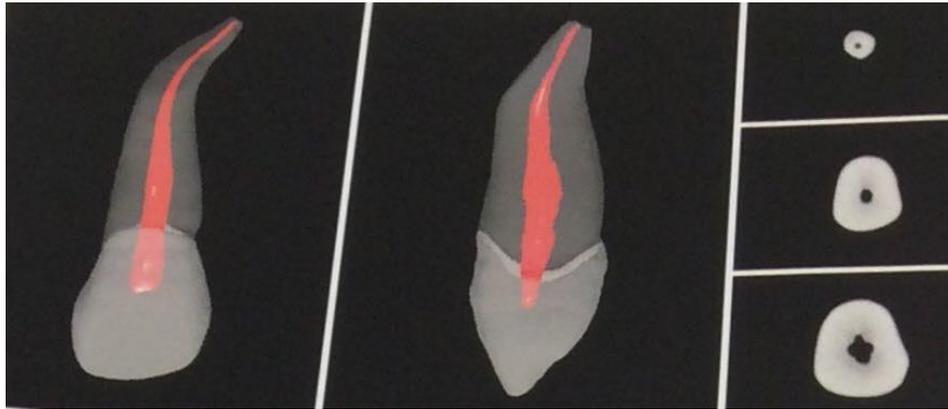


Fig. 2 Microtomografía computarizada de incisivos laterales superiores. Presentación de anatomía común. Perspectiva vestibular y proximal, corte transversal en nivel coronal, medio y apical.<sup>5</sup>

### ➤ Canino superior

La raíz de este diente es más amplia bucolingualmente que los incisivos. La raíz es recta, única y simétrica, y termina en un ápice agudo. Esta inclinada hacia distal de la corona y además tiene una ligera divergencia del eje coronal y radicular, la parte apical de la raíz es con frecuencia más curvo hacia distal. (Fig.3)

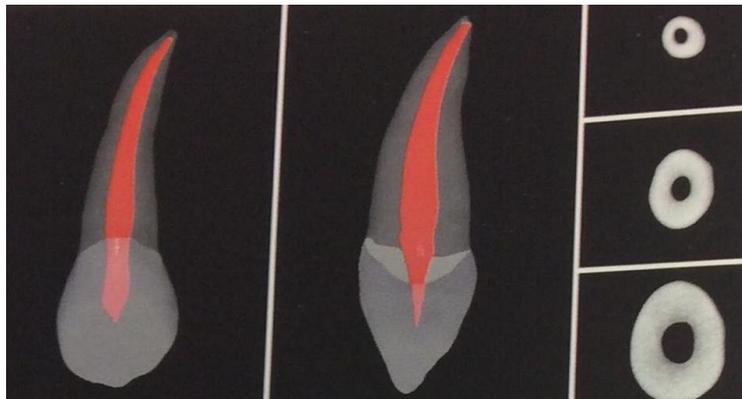


Fig. 3. Microtomografía computarizada de canino superior. Presentación de Anatomía común desde la perspectiva vestibular y proximal, junto con corte transversal en nivel coronal, medio y apical.<sup>5</sup>

➤ Primer premolar superior

La anatomía externa es un tronco radicular que se divide en raíces vestibular y palatina. Todas las superficies son convexas y la forma de los ápices son agudos. La mayoría de los pacientes presentan un primer premolar con dos raíces (73%-92%). En algunas ocasiones puede presentar tres raíces con tres conductos radiculares: dos bucales y un palatino y pueden presentarse de forma oval y redonda.<sup>5,6,12</sup> (Fig. 4)

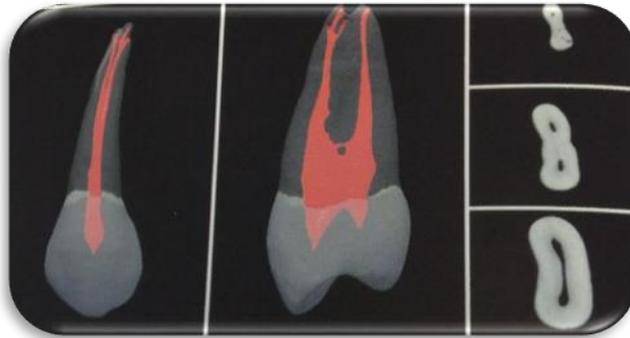


Fig. 4. Microtomografía computarizada de primer premolar superior. Anatomía común desde la perspectiva vestibular y proximal, junto con corte transversal en nivel coronal, medio y apical.<sup>5</sup>

➤ Segundo premolar superior

En el 95% de los casos presenta una sola raíz. Es común que posea un solo conducto en sentido mesiodistal y amplio en sentido vestibulopalatino dando forma ovoide al corte, aunque a nivel apical adopta una forma circular. Su raíz es cónica y su ápice romo, el cual es desviado hacia distal. Cuando el piso de la cámara pulpar se encuentra por debajo del límite cervical se puede encontrar dos conductos radiculares que pueden terminar en un foramen o separados<sup>5,6,12</sup>

➤ Primer molar superior

Presenta tres raíces, bien diferenciadas: dos vestibulares y una palatina. La raíz mesio-vestibular es achatada en sentido mesio-distal y amplia en sentido vestibulo-palatino, presenta una curvatura hacia distal. La raíz se inclina mesiobucalmente en los dos tercios coronales y distalmente en el tercio apical. Generalmente se puede observar en esta raíz dos conductos.

En el corte transversal del tercio apical presenta forma elíptica, redonda o en ocho. La raíz disto-vestibular tiene forma cónica y su sección transversal es circular. Es la más pequeña y se inclina distobucalmente hacia el tercio apical donde puede curvarse mesialmente o hacia distal tomando forma de S o bayoneta. En estos casos la raíz se aproxima a la raíz mesiovestibular del segundo molar. La raíz palatina es voluminosa, con forma cónica y sección transversal circular. Puede ser recta o curva.<sup>12</sup> (Fig. 5)

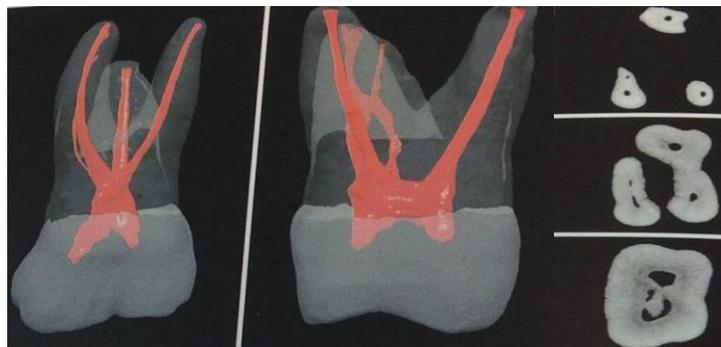


Fig.5. Microtomografía computarizada de primer molar superior. Anatomía común desde la perspectiva vestibular y proximal, junto con corte transversal en nivel coronal, medio y apical.<sup>5</sup>

➤ Segundo molar superior

Presenta tres raíces: dos vestibulares y una palatina y por lo tanto cuenta con tres conductos; es semejante al primer molar, pero no tiene las raíces tan separadas. Hay más incidencia de fusión radicular en este diente que en el primer molar, así como la incidencia de conductos en forma de C. La distancia entre los conductos bucales es más reducida.<sup>12</sup>

➤ Incisivos central y lateral Inferior

El espacio pulpar es amplio buco-lingualmente, el conducto es más amplio en cervical y se estrecha hacia el foramen, teniendo forma ovoide. Los incisivos inferiores cuentan con un distinto rango de variaciones en la morfología del sistema de conductos radiculares. A menudo un puente dentinal está presente en la cámara pulpar dividiendo la raíz en dos conductos. Los dos conductos se unen y salen a través de un solo foramen, pero pueden persistir como dos conductos separados. En ocasiones, un conducto se divide en dos conductos, los cuales subsecuentemente se unen dentro de un solo conducto antes de alcanzar el ápice. La incidencia de dos conductos ha sido reportada desde 0,3% hasta el 45,3%.<sup>5,12</sup> (Fig. 6)

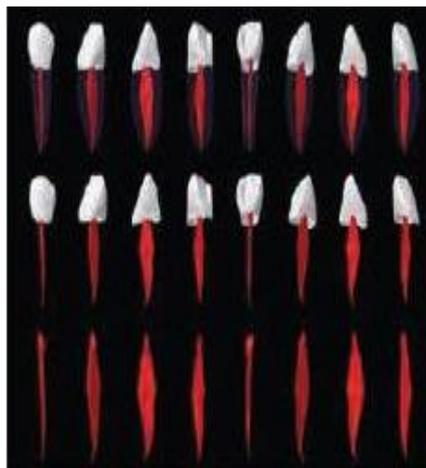


Fig. 6. Anatomía Radicular y sistema de conductos radiculares de incisivos inferiores.<sup>38</sup>

➤ Canino inferior

Es muy parecido al canino superior, pero más pequeño y con variaciones. El espacio del conducto es más pequeño mesio-

distalmente debido a su raíz aplanada. Investigadores han mostrado que la anatomía del conducto radicular muestra variaciones. Puede presentar dos raíces y dos conductos. La raíz es usualmente recta pero corta. Es amplia buco-lingualmente y más aplanada mesio-distalmente. Presenta un surco en las superficies proximales.<sup>12</sup>

➤ Primer Premolar inferior

El espacio pulpar es amplio vestibulo-lingual. Desde cervical hacia apical tiene forma cónica y en el tercio cervical en el corte transversal tiende a ser redondo. La raíz normalmente es única, recta, y su contorno cónico uniforme desde cervical hasta su ápice agudo. Es más amplia vestibulo-lingual que mesio-distalmente con sus superficies vestibular y lingual convexas. Está ubicada con una inclinación lingual.

Típicamente muestra una sola raíz y conducto amplio vestibulolingualmente, sin embargo, se han reportado premolares con dos o tres conductos radiculares. También puede presentar conducto radicular en forma de C que se ha reportado entre 10,7% y 18%. El ápice radicular se desvía hacia distal en la mayoría de veces.<sup>5,12</sup> (Fig. 7)

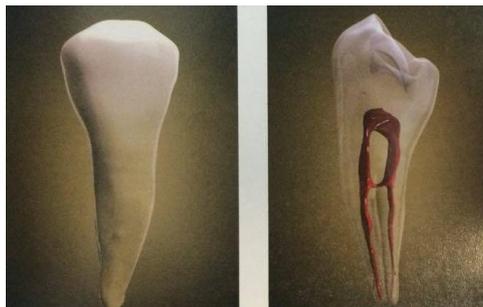


Fig.7. Representación tridimensional de un primer premolar inferior. <sup>16</sup>

➤ Segundo Premolar inferior

El espacio pulpar es más amplio vestibulo-lingual que mesiodistal, cuando se compara con el primer premolar. La raíz es única, y cónica hasta su ápice agudo. La forma de la raíz es similar al primer

premolar. El foramen apical se desvía del ápice hacia distal. La incidencia de dos o más raíces es de 0,4%.<sup>12</sup>

➤ Primer Molar Inferior

Normalmente presenta dos raíces (mesial y distal). La raíz mesial presenta dos conductos finos y estrechos (mesio-vestibular y mesio-lingual), la mayoría de los conductos son curvos hacia distal.

La raíz distal es única y presenta un conducto amplio vestibulolingualmente desde cervical hasta el ápice y aplanado en sentido mesiodistal. La forma de las raíces es ovoide con superficies vestibular y lingual convexas, y cónica cervicoapicalmente. La raíz distal usualmente es más redondeada que la raíz mesial pero es más ancha.<sup>5,6,12</sup> (Fig.8)

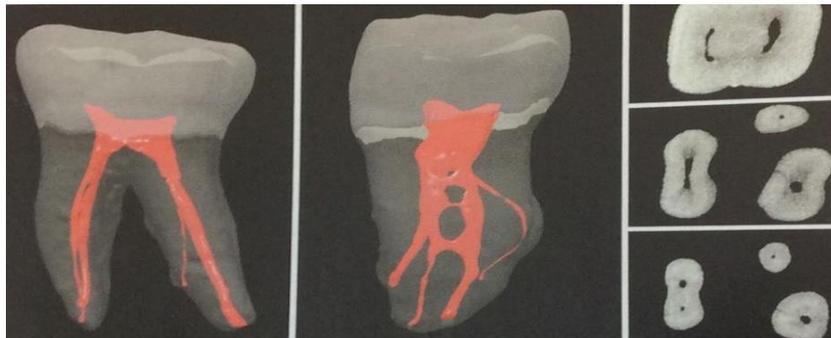


Fig. 8. Microtomografía computarizada de primer molar inferior. Anatomía común desde la perspectiva vestibular y proximal, junto con corte transversal en nivel coronal, medio y apical.<sup>5</sup>

➤ Segundo Molar Inferior

El espacio pulpar y la morfología radicular son similares al primer molar. Tiene dos raíces localizadas mesiodistalmente y tres conductos radiculares. Cuando se considera realizar resección apical en estas variaciones, se debe evaluar cuidadosamente para localizar la totalidad del sistema de conductos radiculares.<sup>5,12</sup>

Debido a la variación anatómica que presentamos en la morfología de los conductos radiculares se mantiene una relación importante con la Imagenología, que nos permite identificar el campo que no podemos observar clínicamente y lo cual nos acercará a tener un mejor resultado del tratamiento.

Por ello es importante, que se utilicen todas las herramientas que tiene el clínico a su disposición para localizar y tratar todos los conductos, desde la toma de radiografías en varias angulaciones hasta el uso de cone beam.

El empleo de magnificación a través de lupas y el microscopio durante el acceso favorece de igual manera la localización de los conductos radiculares.

### 3.CONFORMACION Y LIMPIEZA DE CONDUCTOS

El éxito del tratamiento de los conductos radiculares radica en la eficacia de la limpieza, desinfección y conformación del sistema de conductos radiculares (SCR). La limpieza se refiere a la remoción de todo el contenido del sistema de conductos radiculares. La conformación se refiere a una cavidad de una forma específica, la cual permitirá el sellado tridimensional del conducto posteriormente a la instrumentación.<sup>5,12</sup>

El espacio del conducto puede estar ocupado por tejido pulpar sano, enfermo o necrótico. La desinfección metódica del conducto radicular tiene como propósito fundamental eliminar la inflamación periapical generada por bacterias, restos de tejido y residuos. Antes de iniciar cualquier procedimiento en el interior del conducto radicular es necesario conocerlo, y la exploración es el primer contacto del operador con esta parte desconocida del conducto mediante la cual se podrá verificar:

- a) La dirección y el calibre de los conductos.
- b) La presencia de curvaturas.
- c) La existencia de obstrucciones.
- d) La posibilidad de acceso al tercio apical.

Todos los procedimientos endodónticos deben quedar confinados en el interior del conducto. Por eso, una vez elegido el instrumento explorador, es necesario determinar la longitud aparente para la exploración. En este momento del tratamiento, cuando aún no conocemos la longitud real del diente, es necesario usar una longitud de trabajo aparente.<sup>5,6</sup>

El movimiento de los instrumentos durante la limpieza del conducto radicular debe ser delicada y moderada. Es conveniente tener en cuenta que en esta etapa de conformación se tiene por fin la remoción del tejido blando y que una instrumentación poco cuidadosa podría provocar la compactación del tejido pulpar en la porción apical del conducto. Las pequeñas porciones de tejido pulpar que suelen permanecer en el conducto, cualquiera que sea el procedimiento de extirpación, se removerán durante la limpieza y conformación.<sup>2,4</sup>

### 3.1 Objetivos de la Conformación

Como objetivo principal de la conformación se mantiene la prevención y tratamiento de la contaminación microbiana del sistema de conductos radiculares evitando la infección del periapice. Así como el crear espacio para la colocación de medicamentos y facilitar la obturación tridimensional del SCR. A su vez se dan tres objetivos de la conformación.<sup>2</sup>

#### ➤ Objetivos mecánicos

Un objetivo importante de la instrumentación del conducto radicular es evitar errores de preparación como: la formación de escalones, transportación del conducto y perforaciones.

Ya que se debe eliminar la dentina infectada, respetando lo más posible un grosor mínimo en las paredes radiculares, el cual se considera que es de 0,3 mm para prevenir fracturas radiculares.<sup>5,12</sup>

➤ **Objetivo biológico**

El Dr. Schilder estableció que los conductos se preparan con una conicidad uniforme y continua para obtener la conformación del conducto mediante una preparación biomecánica tomando en cuenta la anatomía única de cada conducto. Se debe realizar la eliminación de tejido pulpar y dentina infectadas mediante limas que en su punta tendrá como función: permeabilizar el conducto y realizar la conformación. Y limpiar el conducto mediante irrigantes evitando la invasión de tejidos periapicales.<sup>2,4,5</sup>

➤ **Objetivos Técnicos**

Se debe obtener una conicidad continúa adaptada a la forma y curvatura original del conducto radicular.<sup>5</sup>

## 4. INSTRUMENTOS

Para realizar una conformación ideal, es necesario identificar el instrumental, así como el irrigante para lograr su objetivo principal de limpieza del sistema de conductos radicular.

La Organización Internacional de Estandarización y la Federación Dental Internacional clasificaron los instrumentos endodónticos; según su forma de empleo en cuatro tipos:

Grupo 1: Instrumentos para preparar los conductos de modo manual. Como Limas tipo K, tipo H, ensanchadores tipo K, condensadores y espaciadores.

Grupo 2: Instrumentos de diseño similar a los anteriores en su parte activa, pero con un mandril para ser accionados de modo mecanizado.

Grupo 3: Instrumentos de uso mecánico: Gates-Glidden, Peeso.

Grupo 4: Instrumentos y materiales para la obturación, puntas de papel y puntas de gutapercha.<sup>13</sup>

La clasificación de instrumentos para conformación de conductos se divide en: sistema manual, sistemas rotatorios y sistema reciprocantes.

#### 4.1 Estandarización de los Instrumentos

Para identificar algunas características de los instrumentos que se utilizan para conformar el sistema de conductos se toma en cuenta la Clasificación ISO, propuesta por Ingle en 1958. Propuso un sistema de estandarización de instrumentos y conos, representando el diámetro en la punta activa por decimas de milímetro. Esta estandarización es aceptada en 1962 por la asociación Americana de Endodoncia (AAE), que atribuyen una denominación numérica de acuerdo con el diámetro en D0 y se le otorga un color específico a cada lima.<sup>2,13</sup>

Para que formen parte de esta clasificación, deben cumplir lo siguiente:

a) El calibre de la lima se numera del 10 al 100, con saltos de cinco unidades hasta el tamaño 60 y saltos de diez unidades hasta el tamaño 100.<sup>2</sup> (Fig.9)



Fig. 9. Tamaños de limas y longitudes.<sup>1</sup>

b) La conicidad es la variación del incremento del diámetro por milímetro de la longitud. Estos incrementos tienen que ser de 0.02 mm por milímetro de longitud puede ser creciente en instrumentos manuales. Cada número del instrumento está representando el diámetro de este en centésimas de mm en la primera vuelta de la punta, llamada D1.<sup>2</sup>

c) Los bordes cortantes empezarán en la punta del instrumento con el denominado diámetro 0 (D0) extendiéndose exactamente 16 milímetros hasta el vástago, terminando en el diámetro 16 (D16).<sup>2</sup>

d) El diámetro de D16 será 32/100 o .32 mm. mayor que el de D0, la limas son fabricadas a una longitud de 21, 25 y 31 mm. <sup>2,5</sup>(Fig. 10)

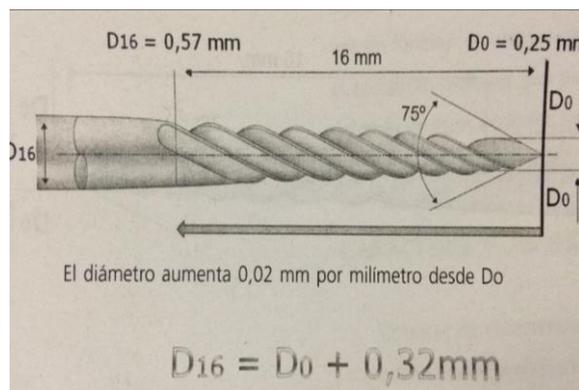


Fig. 10. Conicidad de los instrumentos endodónticos estandarizados.<sup>2</sup>

## 4.2 Métodos de fabricación

Debido a la complejidad de la anatomía a la que nos enfrentamos en cada tratamiento de conductos radiculares, la industria ha dado la opción de dos tipos de instrumentos dedicados a la instrumentación; ya sea de tipo manual o rotatoria.

➤ Fabricación: Las limas pueden ser fabricadas por torneado o labrado y por torsión.

Por torsión se obtiene espiras continuas, utilizando acero inoxidable o Níquel-Titanio, se recorta la forma piramidal cuadrada o triangular y se torsiona hacia el sentido opuesto a las manecillas del reloj y con ello se obtiene bordes cortantes de forma helicoidal. <sup>14</sup>

A mayor torsión tendremos mayor rigidez y más espiras, si tiene muchas espiras va a ser una lima, y si tiene 2 o 1 espira por milímetro de longitud va a denominarse ensanchador.<sup>14</sup>

Sus diferencias se basan principalmente en la resistencia a la fractura en su materia prima y en la facilidad de manipulación.

Por torneado o labrado, se realiza a partir de un alambre cónico o cilíndrico de sección circular y con un torno micrométrico computarizado se da la forma a la parte activa del instrumento. Para poder tornear las espiras, los vástagos se someten a cambios de temperatura por secciones para generar tensiones en zonas de la superficie del metal.<sup>14</sup>

#### 4.3 Aleaciones

El Acero inoxidable y el Níquel-Titanio son los dos tipos de aleaciones utilizadas en los instrumentos endodónticos.

➤ Acero inoxidable:

Se encuentra en la mayoría de los instrumentos de uso manual y presentan una resistencia considerable a la fractura, suelen ser más económicas y también se puede presentar este material en fresas o instrumentos diseñados para piezas de baja velocidad como las fresas Gates- Glidden y Peeso.

➤ Níquel-Titanio (Ni-Ti):

El éxito de este material con respecto al uso de instrumentos manuales de acero inoxidable se debe a las características mecánicas de la aleación, superiores a las ofrecidas en acero, al igual que en su innovación en el diseño de instrumentos, principalmente en sus dimensiones y conicidad. La resistencia al estrés por flexión y torsión puede ser una limitación para su uso.<sup>15,16</sup>

La tensión por flexión depende básicamente de la anatomía original del conducto, el radio de la curvatura del conducto, la velocidad de rotación, la flexibilidad del instrumento, la presencia de interferencia intrarradicular y cambios bruscos en la trayectoria como el producido en el caso de fusión de los conductos radiculares.<sup>17</sup>

La tensión por torsión depende del área de contacto entre el filo del instrumento y las paredes del conducto, la presión ejercida por el operador, el diámetro de sección del instrumento, así como la amplitud del conducto en el que se está trabajando, la conicidad, el área donde recae la tensión por torsión, fuerza intrínseca del instrumento y la tensión aplicada al instrumento.<sup>18</sup>

Los instrumentos de Níquel-Titanio presentan variaciones en su diseño; ofrecen mayor conicidad por milímetro de longitud que su parte activa desde la punta hasta la base de instrumento.<sup>2</sup>

Las aleaciones de Níquel-Titanio presentan los siguientes mecanismos de transformación cristalográficas:

- Austenita: es cuando la lima se encuentra en reposo. Siendo la fase rígida del Ni-Ti.
- Martensítica: cuando la lima ya está en movimiento presentando una deformación en su estructura molecular. Es la fase flexible del Ni-Ti.
- Intermedia, o fase R o romboidal: es la fase de transición entre las dos fases anteriores, con una configuración cristalográfica y una orientación de cristales diferentes.<sup>14</sup>

La aleación Ni-Ti en un estado de reposo a temperatura ambiente se encuentra en fase austenítica y en la intermedia R, pero si es sometida a cargas mecánicas como lo es la rotación en un conducto radicular con estrés de naturaleza torsional consecucional, se modifica la fase cristalina.

Al terminar la carga se obtiene la reconversión en la fase austenítica, la cual es más estable y resistente sin embargo en la fase martensítica la aleación es mucho más débil y por lo tanto el instrumento puede fracturarse bajo cargas de menor magnitud con reposo para la aleación en fase austenítica.<sup>16</sup>

Las aleaciones Ni-Ti cuentan con propiedades especiales, como la superelasticidad y el efecto memoria de forma, además tienen elevada resistencia a la corrosión y biocompatibilidad.<sup>4,14</sup>

El efecto memoria de forma consiste en el desplazamiento de los átomos en ciertas aleaciones cuando éstas se enfrían bruscamente. Técnicamente se trata de un cambio de fase denominado transformación martensítica. El responsable de su dureza es un proceso de transformación de una fase estable a alta temperatura (austenítica) a otra fase, generalmente metaestable, llamada martensítica, que ocurre como consecuencia del enfriamiento brusco. Esta transformación tiene la particularidad de llevarse a efecto sin difusión, es decir, sin migración de moléculas. Lo que ocurre es simplemente un desplazamiento de átomos en forma organizada, de modo que la estructura cristalina se modifica.<sup>4,14</sup>

Electropulido:

Las modificaciones superficiales de los instrumentos de níquel-titanio, como el electropulido, pueden reducir la incidencia de fracturas, pero podrían alterar las propiedades mecánicas de los instrumentos. Puede tener efectos beneficiosos para prolongar la vida de la fatiga de los instrumentos endodónticos Ni-Ti

rotatorios. Es probable que los beneficios del electropulido sean causados por una reducción en las irregularidades de la superficie que sirven como puntos para la concentración de estrés y el inicio de grietas.<sup>21,35,36</sup>

El tratamiento con NaOCl afecta la composición química de la superficie y, en particular para los instrumentos no electropulidos, del volumen expuesto a través de marcas de mecanizado y microfisuras de fabricación.<sup>21</sup>

El tratamiento de superficie mediante electropulido altera la capacidad de corte de los instrumentos rotativos de níquel-titanio. El electropulido parece tener un impacto beneficioso al aumentar la fatiga cíclica para que los instrumentos NiTi produzcan una superficie con menos defectos estructurales que podrían aumentar la resistencia a la fractura.<sup>36</sup>

#### 4.4 Instrumentos Manuales

Los instrumentos reciben su clasificación con respecto a su punta activa o inactiva. La punta activa posee forma cónica con una terminación estrecha en ángulo agudo, lo que garantiza una mayor penetración por parte de la lima. Por lo que la punta inactiva asume un perfil trapezoidal como consecuencia de su punta roma. También presentan la capacidad cortante en la parte lateral de la punta como consecuencia de la presencia de un ángulo de transición; que es formado entre la punta y la primera espira de la lima. El cual ocasiona principalmente la transportación del conducto radicular.<sup>17</sup>

Limas: son instrumentos que realizan diferentes cortes, durante su trayecto en el conducto radicular, sin embargo, hay tipos de limas manuales que se distinguen por sus tipos de cortes.

➤ **Limas tipo k:**

Sus características son espirales apretadas, con parte activa de acero inoxidable y sección cuadrangular dispuestas de tal manera que el corte ocurre con movimientos de inserción y movimiento en rotación de  $\frac{1}{4}$  de vuelta, en sentido horario, tracción con presión lateral hacia las paredes del conducto. Se usan para ensanchar los conductos radiculares por acción cortante o por acción abrasiva.<sup>5</sup>(Fig.11)

Las limas tipo K de diámetro pequeño precurvadas también se utilizan para explorar los conductos, para colocar cemento sellador (girando el instrumento en sentido contrario a las agujas del reloj).



Fig.11 Lima tipo K.<sup>1</sup>

➤ **Limas Tipo K Flex**

Se asemejan a las limas Tipo K, pero con un número mayor de espiras por unidad de longitud, lo que aumenta su capacidad de corte, tiene una sección triangular que brinda mayor flexibilidad y menor resistencia a la torsión, su punta es cónica no cortante. Este tipo de limas es utilizado en la instrumentación principalmente de conductos curvos.<sup>4</sup>(Fig.12)



Fig. 12 Lima tipo K- Flex.<sup>1</sup>

➤ Limas tipo H

Se conocen como limas Hedstrom, se obtienen a partir de piezas redondas de acero inoxidable, aunque también pueden ser comercializadas en Níquel Titanio. Realizando el movimiento de impulsión y tracción. No se recomienda hacer movimientos rotatorios por la posibilidad de fractura. (Fig.13)

No se recomiendan para instrumentación ya que debido a su menor cantidad de masa generada por el desgaste en su fabricación; es muy susceptible de fracturas. Su indicación es en relación de remoción de material obturador durante el retratamiento.<sup>17</sup>



Fig. 13. Lima tipo H.<sup>1</sup>

#### 4.5 Instrumentos Rotatorios

La utilización de instrumentos rotatorios de níquel-titanio tienen muchas ventajas como es su flexibilidad que facilita la preparación de conductos radiculares en menor tiempo y sin deformaciones.<sup>5,14</sup>

En la actualidad, el mercado especializado nos sigue ofreciendo nuevas alternativas de instrumentos rotatorios con ciertas diferencias en su diseño.<sup>2</sup>

Características morfológicas de instrumentos rotatorios de Níquel-Titanio:

➤ Conicidad

En los instrumentos rotatorios, el principio básico fue fabricarlos con diferentes conicidades, así se encuentran instrumentos rotatorios con conicidades de 0,03; 0,04; 0,05; 0,06; 0,08; 0,10 y 0,12 mm; como consecuencia de esa mayor conicidad solamente una porción de la parte activa del instrumento entra en contacto con la pared dentinaria que es su plano de contacto.<sup>5,14</sup> (Fig. 14)

Así las limas en el momento que son introducidas en el conducto van a determinar el ensanchamiento de los 2/3 coronarios promoviendo el desgaste anticurvatura y permitiendo que las limas de menor conicidad penetren, sin obstáculos hacia apical, permitiendo también una irrigación más eficaz.<sup>5,19,20</sup>

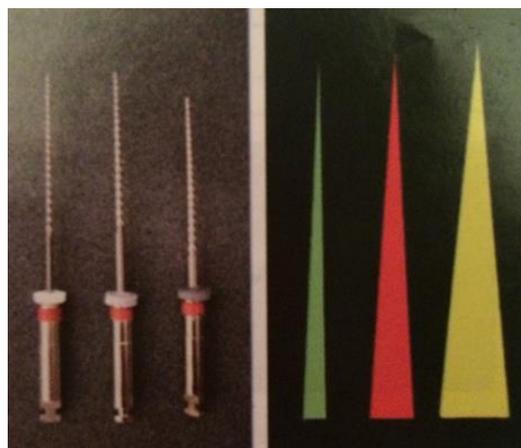


Fig. 14 Ejemplo de instrumentos de igual calibre y diferente conicidad constante.<sup>14</sup>

➤ Superficie radial o guía lateral de penetración:

Es el plano de contacto del instrumento con la pared del conducto radicular, permite que al girar el instrumento este se deslice por las paredes dentinarias, proporcionando una función de ensanchamiento y no de limaje, disminuyendo el riesgo de fractura.<sup>14</sup>

➤ Ángulo de corte:

Es el ángulo formado por la arista cortante de la lima y el radio de la lima cuando esta es seccionada perpendicularmente. Las hojas de corte cuentan con dos caras y un borde; una de ellas es la cara cortante que va hacia la dirección de rotación y hace contacto con la estructura dentaria eliminada; otra es la cara de despeje, que va a continuación del borde de rotación.

Por lo que se determinan tres ángulos importantes al momento de analizar la efectividad de un instrumento: ángulo de cara cortante, ángulo del borde cortante y ángulo de despeje.<sup>14</sup> (Fig. 15)

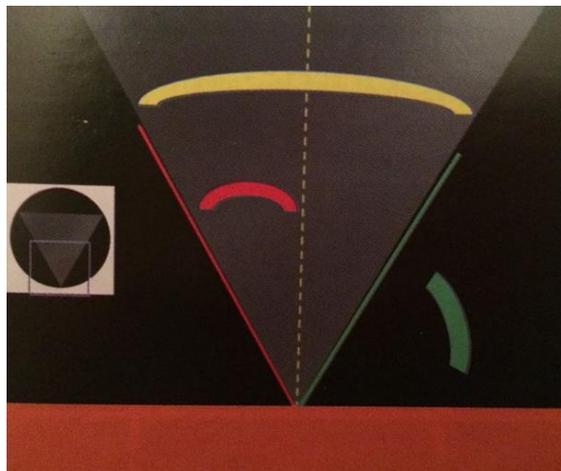


Fig. 15 Esquema que muestra, en un instrumento de sección triangular, los ángulos de la cara cortante (rojo), del borde cortante (amarillo) y de despeje (verde), en relación con la superficie sobre la que se realiza el corte, en sentido horario.<sup>14</sup>

➤ Alivio de la superficie radial:

Está representado por la intersección de las superficies de ataque, este alivio permite un área menor de contacto con la dentina, disminuyendo la fricción <sup>18</sup>

➤ Angulo helicoidal:

Es el ángulo formado entre las estrías y el eje axial del instrumento. Cuanto mayor es el ángulo helicoidal, más rápido es el desgaste de la dentina; mayor es el riesgo de que el instrumento se imbrique en las paredes facilitando su fractura.<sup>2,14</sup> (Fig. 16)

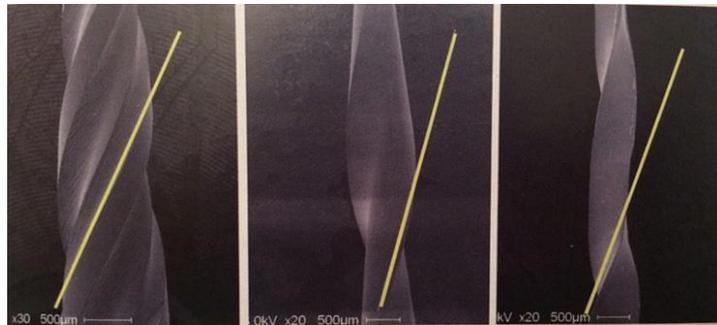


Fig. 16 Ángulo helicoidal- determinado por el borde y el eje largo- en instrumentos K3, MTwo y Race <sup>14</sup>

➤ Diseño de la punta:

La mayoría de los instrumentos rotatorios posee punta inactiva, sin embargo, para pasar áreas de calcificación o conductos muy atrésicos y curvos existen instrumentos con punta activa con pequeño ángulo de transición, estos instrumentos hay que usarlos con mucho cuidado pues se desvían fácilmente del conducto radicular original. <sup>21</sup>

➤ Paso de rosca.

Es el número de espirales por unidad de longitud a lo largo de una lima. <sup>20</sup>

➤ Área de escape:

Los instrumentos de níquel-titanio rotatorios ofrecen a través de su sección transversal surcos y/o ranuras que actúan como área de

escape que sirven para recibir la limalla dentinaria, que se producen durante la instrumentación del conducto radicular<sup>18</sup>

➤ Radial Land:

Se trata de una superficie entre las acanaladuras, paralela al eje largo central del instrumento, que incluye el borde de corte, su posición respecto al borde cortante y su anchura determina su eficacia.

Lo que ayuda a reducir la tendencia del instrumento atornillado, así como el transporte del conducto durante la preparación. (Fig.17).



Fig. 17. Superficie de corte radial (zona azul) y borde cortante del instrumento (línea blanca).<sup>14</sup>

➤ Montadura

Deben presentar resistencia a movimientos axial y torsional, sus calibres son regulados para uso de contraángulos o piezas de mano que se encargan de proveer la cinemática. Los fabricantes colocan la identificación de sus series de instrumentación mecánica a partir de selección de colores o anillos.<sup>14</sup> (Fig.18)



Fig. 18. Ejemplos de varias codificaciones que se encuentran en la montadura.<sup>14</sup>

#### ➤ Ventajas y desventajas

Estos instrumentos tienen la capacidad de mantener características de flexibilidad y resistencia apropiadas para la instrumentación rotatoria de conductos curvos, lo cual da como ventaja poder disponer de una eficacia de corte por una rotación continua, lo cual ayuda a poder preparar los conductos radiculares en tiempos más breves con un número menor de instrumentos.

Como desventaja encontramos que, si se utiliza un elevado torque, pasando el límite máximo de resistencia del instrumento, la probabilidad que ocurra una fractura de instrumento es elevada. Recordando que el Torque es la capacidad que tiene un elemento rotatorio impulsado por un aparato (motor) de continuar girando a pesar de la resistencia (presión que se ejerce sobre las paredes del conducto radicular). Equivale a la fuerza efectiva que transmite el aparato al elemento rotatorio y se representa en unidad Newton metros (Nm).<sup>14</sup>

#### 4.6 Motores

Para realizar la instrumentación rotatoria es necesario el uso de motores que permitan una rotación continua, para poder aprovechar las propiedades superelásticas de la aleación, es decir, inducir la transformación austenita-martensita, es necesario suministrar una cierta carga y mantenerla constante.

Es importante que el motor utilizado para los instrumentos en Ni-Ti tenga un control electrónico que diferencie la velocidad del torque (es decir, la fuerza desarrollada durante la rotación).

Los motores utilizados con instrumentos Ni-Ti rotatorios tiene velocidades variables entre 150 y 700 rpm (revoluciones por minuto) y torques entre 0,1 y 10 N. cm. El torque ideal para programar el motor debe ser menor que el limite de resistencia a la fractura por torsión del instrumento.

No se pueden sugerir valores de torque para los instrumentos sin considerar la anatomía del conducto radicular. Sin embargo se puede programar para proporcionar rotación recíprocante.<sup>2</sup>

El estrés de torsión depende de:

- Sección transversal del instrumento; ya que la mayor sección tiende a mayor resistencia torsional.
- Torque: a mayor demanda de fuerza será mayor el estrés de torsión generado.
- Superficie de ajuste: a mayor superficie de ajuste del instrumento a las paredes del conducto radicular se determinará mayor área de contacto provocando mayor fricción, que demandará mas torque y el instrumento presentará mayor estrés de torsión.<sup>2</sup>

Tipos de Movimientos

Rotatorio horario continuo 360°: Proporciona un giro constante de 360° en sentido horario. Lo que brinda una mayor y más veloz movilización, recolección y eliminación de contenidos y residuos producidos por la preparación de conductos. Va de aproximadamente de 300 a 350 rpm, ya que ofrece mejores resultados con mayor rapidez que con movimientos lentos.<sup>37</sup>

Reciprocante: El movimiento reciproco en sentido horario-antihorario fue propuesta por Yared para instrumentación de Ni-Ti para la rotación continua. El movimiento reciproco reduce el estrés de los instrumentos y ayuda a extender la resistencia a la fatiga cíclica durante la preparación de conductos estrechos o con curvaturas.<sup>37</sup>

Pueden ser simétricos; con igual longitud de arco en ambos sentidos, asimétricos: con diferencias entre los movimientos horarios y antihorario.

Rotatorio discontinuo y reciprocante asimétrico: el instrumento se encuentra en sobrecarga de estrés en el conducto, el motor produce una rotación horaria de 600°, se interrumpe y vuelve a repetir otro ciclo similar de forma continua.<sup>14,17</sup>

#### 4.7 Técnicas de Instrumentación

Se clasifican las técnicas en dos grandes grupos:

- Técnicas apico-coronales: en las que se inicia la preparación del conducto en la zona apical, tras determinar la longitud de trabajo y luego se va progresando hacia coronal.

En esta técnica entra:

- Técnica de step-back

Esta permite mantener un diámetro apical del conducto de escaso calibre, creando una conicidad suficiente para conseguir la limpieza y desinfección de los conductos, sin deformar en exceso la anatomía original y poder obturarlo tras crear una adecuada morfología apical, se inicia obteniendo la longitud de trabajo se permeabiliza el conducto con una lima K precurvada, el conducto se prepara en zona apical con movimientos de impulsión y rotación de giro y tracción.

Se utilizan dos instrumentos en conductos rectos y de uno a dos en curvos después del primer instrumento, la última lima que instrumenta toda la longitud del conducto se le conoce como lima maestra ápical. La parte más coronal de conducto se instrumenta con limas de calibre progresivamente superior en retrocesos para cada incremento de calibre o step-back.<sup>5,6,30</sup> (Fig.19)

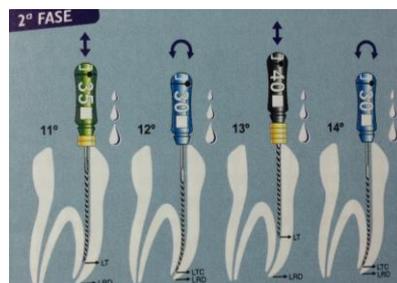
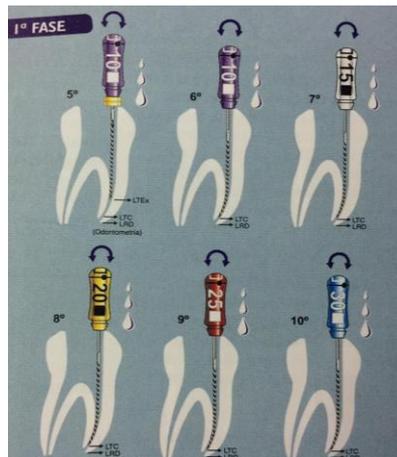
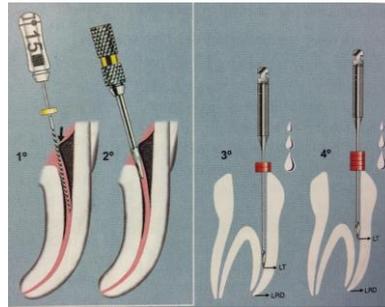


Fig. 19 Técnica de step-back<sup>30</sup>

➤ Técnica coronoapical:

Se prepara la zona coronal y media del conducto, posponiendo la determinación de la longitud real de trabajo, para ir progresando la instrumentación hasta alcanzar la constricción apical. El objetivo es disminuir la extrusión de bacterias y restos necróticos al periápice, para permitir que las limas alcancen la zona apical del conducto sin interferencias.<sup>30</sup>

Algunas de estas técnicas son:

- Técnica de crown-down sin presión

Se inicia la instrumentación con una lima K de calibre 35 sin presión hacia apical. Para comprobar si la resistencia es por estrechamiento o curvatura es necesario tomar una radiografía. Se ensancha el acceso radicular con fresas Gates Glidden número 3 y 2 hasta tener resistencia en la entrada cameral del conducto. Continuando con una lima calibre 30 girándola en sentido horario dos veces. Se repite el procedimiento con una lima de calibre inferior y se procede a toma radiografía y se establece la longitud de trabajo.<sup>5,16</sup>

➤ Técnica de fuerzas balanceadas

Esta técnica se introdujo en 1985 por James Roane. Estudió la manera de que los conductos curvos tuvieran una preparación original del mismo grado de calidad del proceso de ampliación del conducto como suele ser requerido y obtenido en los conductos rectos, evitando la deformación, transportación o perforación. Se inicia la instrumentación con una lima K con presión hacia apical con un giro de la lima en sentido horario de 90° a 180° con una cierta presión hacia apical. Se efectúan por último uno o dos giros completos de la lima en sentido antihorario un mínimo de 120° para extraer virutas de dentina generadas y alojadas entre las espiras, seguida de irrigación.<sup>5,12</sup>

## 5. IRRIGACIÓN

Se conoce que la instrumentación mecánica de los conductos por sí sola no es capaz de eliminar adecuadamente las bacterias y los residuos pulpares, debido a la compleja anatomía del sistema de conductos en donde es posible encontrar conductos laterales, accesorios, deltas apicales. Los autores mencionan que la mayoría de los conductos son ovales no circulares.<sup>12</sup> (Fig. 20)

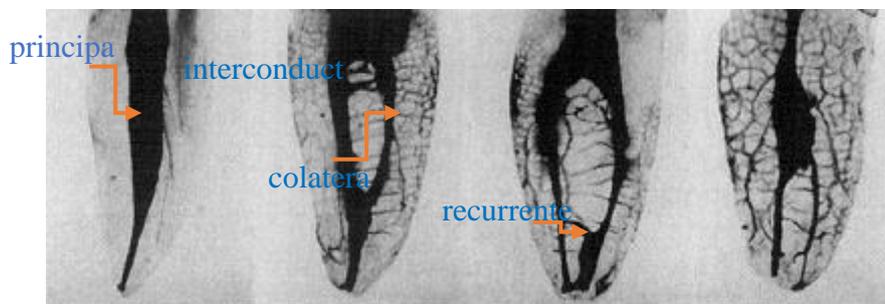


Fig. 20. Ejemplos de conductos encontrados en la morfología de la Raíz dental en dientes diafanizados.<sup>27</sup>

El objetivo final de la preparación químico-mecánica es proveer limpieza en el conducto radicular, y paredes dentinales lisas a las cuales el material obturador pueda adherirse. Se define a la irrigación como el lavado de una cavidad corporal o una herida con agua o un líquido como medicación.<sup>5</sup>

La morfología del sistema de conductos genera dificultades al profesional para lograr el total desbridamiento del contenido del conducto. Por tal razón, se ve obligado a utilizar sustancias irrigantes que le permitan llegar a estas zonas con el fin de obtener una mejor desinfección del conducto radicular.

Para incrementar la acción que ejercen los instrumentos durante la terapia endodóntica se han utilizado diversas soluciones de irrigación, tales como: hipoclorito de sodio; que es el principal irrigante por su capacidad bactericida y capaz de disolver tejido orgánico, clorhexidina, quelantes, agua oxigenada, enzimas, antimicrobianos, solución salina, suero, anestesia, entre otros.

La eliminación de las bacterias durante el tratamiento de conductos es un factor fundamental para lograr el éxito de la endodoncia, debido a que se ha demostrado que muchas alteraciones periapicales son la causa de la presencia de microorganismos dentro del sistema de conductos radiculares.<sup>5</sup>

### 5.1 Objetivos de la irrigación

1. Reducir el número de microorganismos y humectación.
2. Eliminar microorganismos.
3. Disolución de restos orgánicos.
4. Apertura de los túbulos dentinarios por la eliminación del barrillo dentinario.
5. Desinfección y limpieza de áreas inaccesibles a instrumentos endodónticos.<sup>5</sup>

El acto operatorio consiste en irrigar las paredes del conducto radicular con una solución química la cual promoverá limpieza del espacio endodóntico. Cuando se presentan dientes despulpados o infectados la irrigación que precede a la instrumentación neutralizará parcialmente los productos tóxicos y restos orgánicos antes de removerlos mecánicamente.<sup>4</sup>

Durante la instrumentación se debe mantener las paredes del conducto humedecidas para poder facilitar el procedimiento; así como también después de la instrumentación la irrigación cumple un papel importante ya que ayuda a remover detritos orgánicos,

principalmente las virutas restantes producidas del ensanchamiento y limado, para evitar acumulo de estas. La irrigación se debe realizar en forma lenta y con baja presión, y se debe aspirar con un succionador. (Fig. 21)

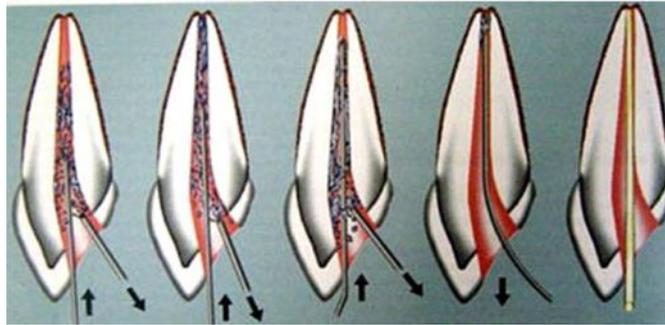


Fig. 21. Pasos de una correcta irrigación de conductos.<sup>30</sup>

Un volumen apropiado del irrigante es de por lo menos, 1 a 2ml cada vez que el conducto se irriga, y se recomienda irrigar el conducto cada vez que se acabe de trabajar con un grosor de lima. La aguja debe penetrar hasta el tercio apical del conducto y luego retirarla 2mm, para poder lograr una buena irrigación hacia el tercio coronal y evitar así una sobreirrigación.<sup>5</sup>

## 5.2 Principales Irrigantes

Algunos de los irrigantes más utilizados en la limpieza del conducto son:

### ➤ Hipoclorito de Sodio (NaOCl)

Actualmente es el irrigante de mayor uso; entre sus características más importantes es ser un antibacteriano, capaz de disolver tejido necrótico, pulpar vital y componentes orgánicos de dentina y biopelícula.

Se utiliza en concentraciones entre 0,5% y 6% para irrigación de conductos radiculares. El NaOCl no es capaz de remover la capa

residual, sin embargo, puede influir en los componentes orgánicos de la misma y de esta manera facilitar su remoción.<sup>14</sup>

La eficacia de la solución puede ser acelerada al aumentar la temperatura a 60° C y un uso mayor de volumen.

Su acción antimicrobiana ocurre por dos modos:

El ion clorina: cuando el NaOCl entra en contacto con el detritus orgánico forma ácido hipocloroso, el cual tiene la capacidad de penetrar en la célula bacteriana, oxidar los grupos sulfhidrilo de las enzimas bacterianas e interrumpir el metabolismo que conduce eventualmente a su muerte.

Su alcalinidad: el NaOCl tiene un pH de 11- 11.5 que es eficaz en la eliminación de los anaerobios los cuales necesitan un ambiente ácido para desarrollarse.

La desventaja del NaOCl es su toxicidad, sabor y su incapacidad de remover la capa residual, sin embargo, es el único capaz de disolver el material orgánico.<sup>5,12,30</sup>

Si se realiza extruccion hacia los tejidos periapicales puede provocar dolor intenso, edema de los tejidos blandos adyacentes, sangrado intersticial profuso en conducto radicular, incluso necrosis osea.<sup>5</sup>

#### ➤ Clorhexidina

La clorhexidina es un efectivo agente antibacteriano de amplio espectro que actúa en contra de bacterias grampositivas y gramnegativas. Se ha demostrado que la clorhexidina al 2% tiene una mejor eficacia antibacteriana, según su concentración puede tener efectos bacteriostáticos o bactericidas. Tiene poca toxicidad tisular, local y sistémica, sin embargo, no es capaz de disolver materia orgánica ni biofilm. Su uso como irrigante en endodoncia se basa en la sustentividad y en su efecto anti-microbiano de larga duración que deriva de su adhesión a la hidroxiapatita. Otra desventaja de este irrigante es la formación de un precipitado de

color café-anaranjado altamente tóxico conocido como para-cloro-anilina (PCA) cuando se combina con hipoclorito de sodio <sup>5,12,31</sup>

➤ Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA)

Es incoloro e insoluble en agua como una solución irrigación. Es capaz de absorber el calcio de la dentina y disolver la capa residual dentinaria generada durante la preparación de los conductos radiculares, propiciando la apertura de las entradas de los túbulos dentinarios, de modo que una solución irrigadora con efecto antimicrobiano puede actuar dentro de ellos.<sup>14</sup>

La irrigación alternada deberá hacerse solamente con irrigación de NaOCl y una vez terminada la preparación mecánica del conducto radicular, es recomendable irrigar EDTA en el sistema de conductos radiculares durante 3 a 5 minutos.<sup>24,25</sup>

### 5.3 Técnicas de Irrigación

La efectividad de la solución irrigadora depende de la aplicación que se emplee en el tratamiento.

Algunos autores recomiendan la preparación rutinaria del sistema de conductos radiculares con el uso de NaOCl al 3% con una irrigación final de EDTA, es aconsejable el empleo de una irrigación activada con energía sónica o de ultrasonido; de manera que se logre remover el detritus y restos de material de curación temporal antes de la obturación.<sup>12</sup>

Hay dos tipos de irrigación: pasiva y activa las cuales se identifican por los instrumentos que se utilicen al realizar la irrigación.

➤ Pasiva:

La irrigación tradicional es pasiva, realizando movimientos suaves que inician con la introducción del agente, bajo cierta presión hacia el conducto radicular, a través de puntas de irrigación y jeringa. La punta debe estar holgada para permitir el reflujo de la solución irrigante; de modo que lleguen a mayor profundidad y que permitan

el depósito correcto de las soluciones a 1 mm de nuestra longitud real de trabajo.<sup>22</sup>

➤ Activa:

Se realiza con el complemento de aparatos que aplican una energía sónica de distintas frecuencias. Algunos estudios han demostrado que el efecto de los aparatos sónicos ayuda a la solución irrigadora a penetrar más fácilmente sin aumentar los riesgos de la irrigación, a diferencia de la irrigación manual o pasiva con jeringa y aguja.

Algunos de las irrigaciones activas son:

➤ Ultrasonido:

La energía de ultrasonido aplicada a un instrumento endodónico es retransmitida al medio de irrigación de modo que la energía continúa transmitiéndose en forma de ondas ultrasónicas para crear así una microcorriente acústica y un efecto de cavitación a una frecuencia de a frecuencias ultrasónicas de 25-30 khz. La efectividad del ultrasonido para eliminar microorganismos y la capa residual ha sido favorable.<sup>24</sup>

Se han descrito tres técnicas de irrigación ultrasónica . La primera es la instrumentación ultrasónica (ultrasonic instrumentation, UI) en la que se combina la instrumentación y la irrigación ultrasónica simultáneas. Debido a que se producen perforaciones y preparaciones irregulares de forma frecuente, los sistemas UI no son empleados como alternativa a la instrumentación.<sup>32</sup>

La segunda técnica, denominada irrigación pasiva ultrasónica (passive ultrasonic irrigation, PUI), opera sin instrumentación simultánea, dispersándose primero la solución irrigadora en el interior del conducto y, a continuación, se la agita y activa con ultrasonidos.

Una tercera forma de utilizar la irrigación ultrasónica es la irrigación continua (continuous ultrasonic irrigation, CUI). El irrigante se dispersa de forma continua mientras se agita. Ambos métodos, tanto PUI como CUI, han mostrado ser eficaces en la eliminación de detritus del conducto.<sup>24,31,32</sup>

➤ EndoActivator:

Es considerada una irrigación sónica, se utilizan puntas de polímero de forma similar a los espaciadores digitales, que se llaman Activator Tips, que poseen varias conicidad. Al introducirlas al conducto radicular, llenado previamente con la solución irrigadora, al activarlas, la energía sónica se transmite a la solución irrigadora.<sup>12</sup>

➤ Endo Vac:

Ofrece trabajar con una presión apical negativa, de tal manera que la solución irrigadora difícilmente pueda sobrepasar el límite apical. Su principal ventaja es la posibilidad de llevar la solución irrigadora a 1mm del foramen apical sin mayores riesgos y de esta manera aumentar el efecto antibacteriano del NaOCl en región apical al mismo tiempo de realizar la aspiración de la solución.<sup>23</sup>(Fig. 22)



Fig. 22 Endo Vac.<sup>23</sup>

## 6. SISTEMA BIORACE®

Es un sistema rotatorio de Ni-Ti de la empresa suiza FKG que forma parte de la familia Race, donde también se encuentra el sistema BT-Race, iRace diseñadas para la preparación de conductos.

RaCe es un acrónimo proveniente de Reamer with Alternating Cutting Edges (ensanchador con bordes cortantes alternados) su característica original y exclusiva se encuentra en su parte activa, con bordes con ángulos helicoidales alternativos eliminando el efecto de bloqueo del instrumento.

El sistema BioRaCe® fue desarrollado después de iRace que fue diseñado para trabajar con conductos rectos, ligeramente curvados o anchos. El sistema iRace que solo cuenta con tres instrumentos que permite la preparación hasta un diámetro de ISO 30 / .04.

Para ayudar al clínico a alcanzar una conformación deseada de manera segura y eficiente que junto con la irrigación y una obturación adecuada, logre un tratamiento endodóntico exitoso, FKG desarrolla el sistema BioRaCe® que consta de 6 instrumentos que alterna su diámetro y conicidad de los instrumentos. La secuencia BioRaCe® presenta una técnica Crown down modificada.<sup>26</sup> (Fig.23)

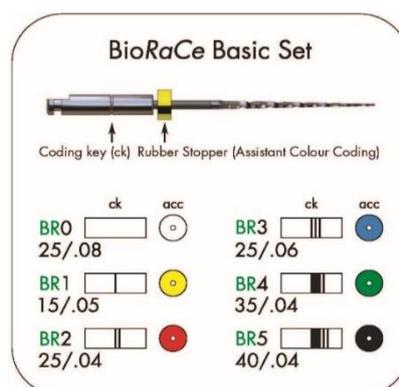


Fig. 23 Set básico de sistema BioRace®<sup>26</sup>

## 6.1 Características del Sistema BioRaCe®

El sistema BioRaCe® en su secuencia básica consta de 6 instrumentos endodónticos de Níquel Titanio que presenta la superficie con tratamiento de electropulido, punta inactiva, sección transversal triangular y bordes de corte alternativos.<sup>10,37</sup> (Fig.24)

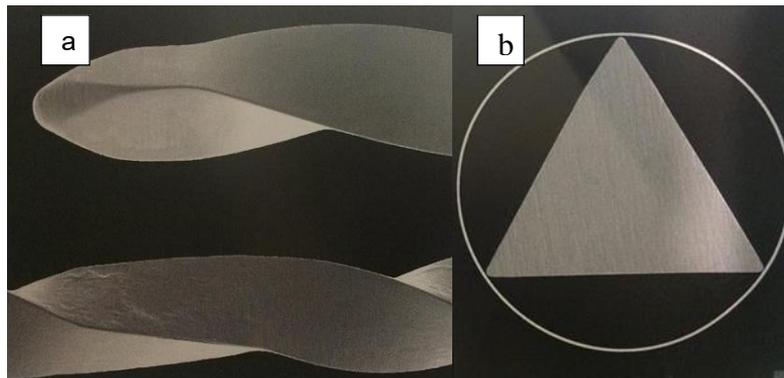


Fig. 24 (a) Punta inactiva. (b) Sección transversal Triangular.<sup>37</sup>

Se denominan BR (BIORACE) seguido por el número del instrumento; BR0, BR1, BR2, BR3, BR4 y BR5.

- BR0 es un instrumento de 19 mm de longitud con un diámetro ISO 25 y conicidad de 8%, parte activa de 14 mm, tiene un tope de silicona de color blanco. Se ajusta el motor a 600 rpm, el torque en 1,0 Ncm.
- BR1 a BR5 tiene punta ISO de 15 a 40 respectivamente, que está señalizado por el tope del color y con un código de anillos en su mango que indican su conicidad. Se encuentran en longitudes de 21, 25 y 31 mm y tienen una parte activa de 16 mm.<sup>14,26</sup> (Fig.25)

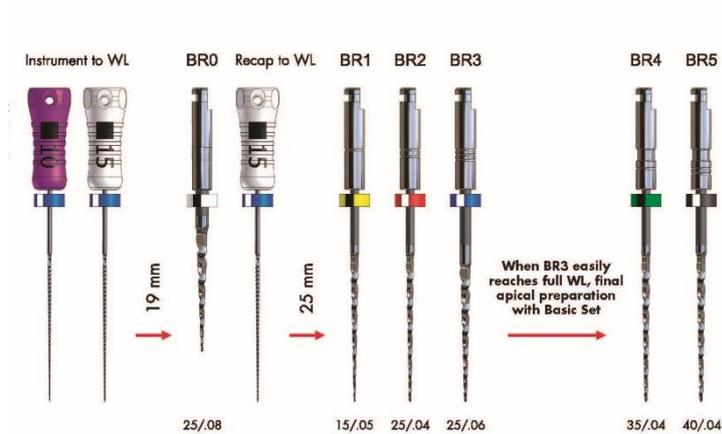


Fig. 25 Secuencia Básica de BioRace<sup>®26</sup>

## 6.2 Técnica de instrumentación del sistema BioRace<sup>®</sup>

Se debe establecer un acceso directo a la entrada del conducto. Y determinar la longitud de trabajo aparente.

Para comenzar se debe usar una lima que ajuste a la región apical; de tipo k de diámetro 06, 08,10,15. Confirmar radiográficamente con lima manual de diámetro 15 o superior.<sup>26</sup>(Fig. 26)

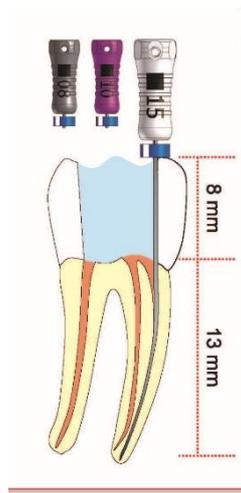


Fig. 26 Obtención de Longitud de trabajo <sup>26</sup>

Irrigar abundantemente con NaOCl, instrumentar los conductos en su longitud de trabajo por lo menos hasta la lima 15 utilizando limas manuales.<sup>26</sup>

Todas las limas deben respetar los cuatro suaves movimientos de entrada y salida. La longitud deseada debe ser obtenida después de estos cuatro movimientos. En caso de que no ocurra, la lima debe ser removida y limpiada, el conducto irrigado con la sustancia química auxiliar y el movimiento repetida hasta lograr la longitud deseada.

La lima BR0 de ser introducida a una profundidad de 3mm en conductos curvos y 5mm en conductos rectos a partir del primer punto de contacto del instrumento con las paredes del conducto. Irrigar el conducto y cambiar el instrumento.<sup>2,14,26</sup>(Fig.27)

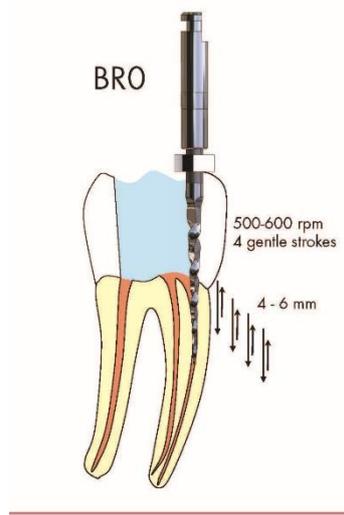


Fig. 27 Fase de Instrumento Rotatorio BR0.<sup>26</sup>

Confirmar permeabilidad con lima manual 15 hasta la longitud de trabajo a partir del instrumento BR1 (15/.05) todos los instrumentos deben tratar de alcanzar la longitud de trabajo con hasta cuatro movimientos de entrada y salida.

El área de contacto de la BR1 se ubicará en el tercio medio; la BR2 (24/.04) actuara solo en los milímetros apicales; la BR3 (25/.06) entrara en contacto con los tercios cervicales y medio, pero con la punta libre. Los instrumentos BR4 (35/.04) y BR5 (40/.04) actuaran en la ampliación apical.

En conductos con una curvatura severa, utilizar la BR3 con movimientos suaves de entrada y salida. Si no se alcanza la longitud de trabajo, considerar utilizar los instrumentos BR4C (35/.02) y BR5 (40/.02).<sup>26,27</sup> (Fig. 28)

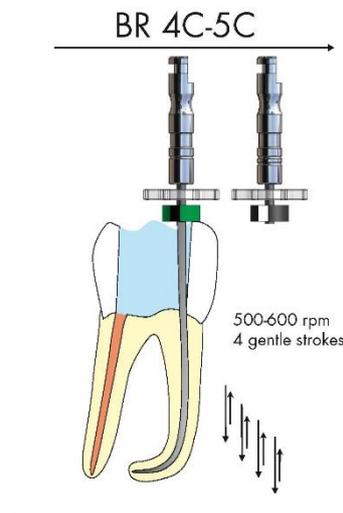


Fig. 28 Casos de Curvaturas Severas. <sup>26</sup>

Irrigar abundantemente los conductos después de utilizar cada uno de los instrumentos.<sup>27</sup>

Las secuencias finalizadas en BR4 y BR5 siempre deben de ser continuas. Dependiendo de la anatomía del conducto, puede que sea necesario utilizar otros dos instrumentos BR6(50/.04) y BR7 (60/.02).<sup>26</sup> (Fig. 29)

Realizar irrigación final con NaOCl seguido de EDTA u otra sustancia química auxiliar.<sup>28</sup>

Seleccionar el cono principal de acuerdo con el diámetro del instrumento final (BR4-#35; BR5-#40; BR6-#50 o BR7- #60) y complementar con la técnica de condensación lateral; FKG ofrece conos de gutapercha para obturación de los sistemas de la familia Race.(Fig. 30) <sup>14,26</sup>

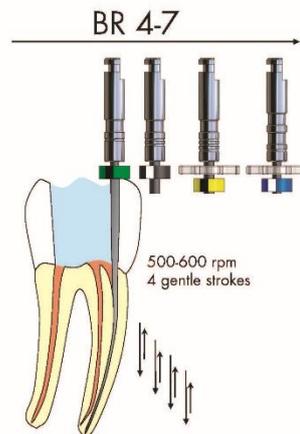


Fig. 29 Instrumentación del sistema BioRace® con instrumento BR 4-7. <sup>26</sup>

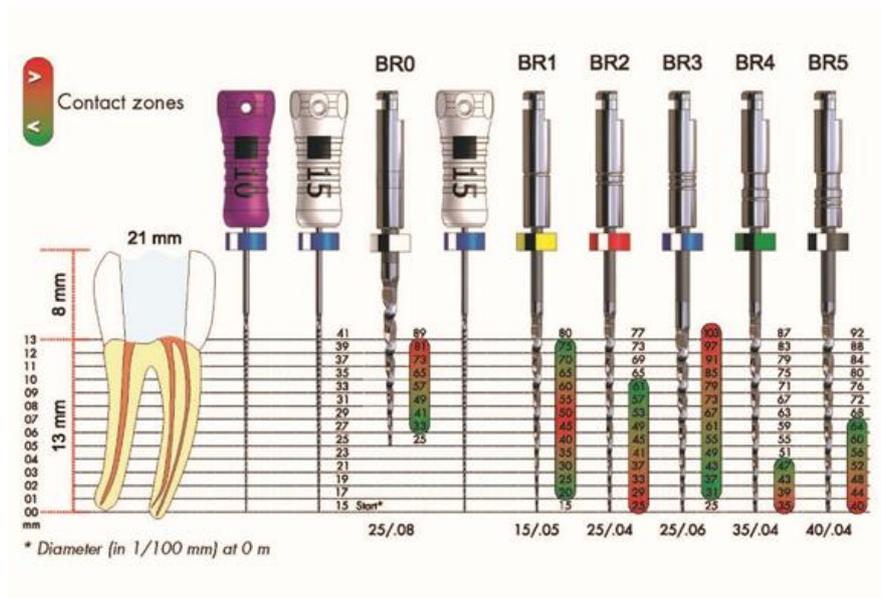


Fig 30. Distribución de las áreas de contacto de los instrumentos con las paredes de los conductos en la secuencia básica BioRace® <sup>26</sup>

### 6.3 Comparación con otros sistemas

La Mayor de las ventajas que presenta el Sistema BioRace® es la facilidad que brinda al operador para trabajar en conductos curvos debido a su sección transversal triangular, su flexibilidad y sus bordes de corte alternativos, sin embargo, depende de la forma del conducto en su forma axial para complementar un buen trabajo de conformación y limpieza del sistema de conductos.

Se han realizado algunos estudios de comparación con otros sistemas rotatorios para determinar la eficacia que brinda BioRace®. Ante otros sistemas rotatorios. A continuación, Se describen algunos de los estudios realizados.

En el primer estudio se realizó una comparación de sistemas rotatorios de Niquel-Titanio: ProTaper Next (PTN), ProTaper Gold (PTG), Mtwo (MT), BioRaCe (BR) y WaveOne Gold (WOG) para evaluar la capacidad de transportación del conducto mediante el uso de estos sistemas y su preparación en cada conducto. Para este estudio se utilizaron noventa y seis conductos de la raíz mesiobucal de los primeros y segundos molares mandibulares se dividieron aleatoriamente en 6 grupos, un grupo por cada sistema. Las muestras se almacenaron en una solución de timol al 0,2%. Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.<sup>33</sup>

Los dientes se enjuagaron con agua para eliminar completamente la solución de timol y luego se secaron con toallas de papel absorbentes. Después, se sumergieron en hipoclorito de sodio al 5% durante 30 minutos para eliminar todo el tejido orgánico. Se realizaron los accesos en cada conducto, la exploración de conductos mesiobucales se realizó con limas k #10 y #15, con lima tipo k #15 se determinó la longitud de trabajo real.<sup>33</sup>

La instrumentación de cada sistema se realizó según cada fabricante y se usó un motor X-Smart Plus (Dentsply / Maillefer, Suiza) para todos los sistemas, los conductos radiculares se irrigaron con hipoclorito de sodio al 2,5%. Después de completar la instrumentación, los conductos radiculares se secaron con puntas de papel del mismo calibre que el último instrumento y se irrigaron con 5 ml de EDTA al 17% durante 3 minutos. Después de la última irrigación con 5 ml de NaOCl al 2.5%, los conductos se secaron nuevamente. los conductos radiculares se prepararon utilizando los siguientes diámetros y conos: 40 / .04, 40 / .06 y 45 / .05.<sup>33</sup>

Se usaron los siguientes puntos de referencia para las mediciones en las imágenes del conducto radicular: 1 a 2 mm por debajo del vértice; 2- 3 mm por debajo del ápice; 3- 4 mm por debajo del ápice; 4-2 mm por debajo de la furcación; 5-3 mm por debajo de la furcación; 6-4 mm por debajo de la furcación. Para la evaluación se realizaron tomografías antes y después de la preparación de los conductos, obteniendo los siguientes resultados: (Fig. 31 y 32. )

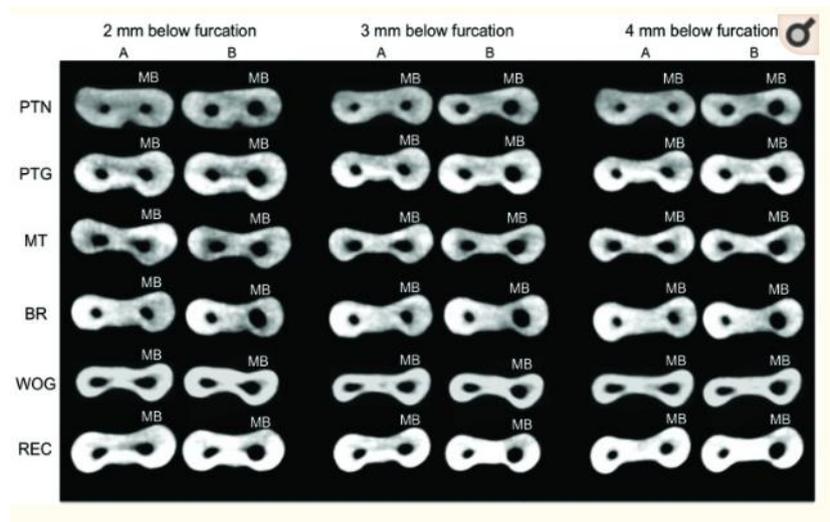


Fig. 31. Tomografía en vista axial del tercio cervical de los conductos mesiobucales por debajo de la furca. A (antes de la preparación), B (después de la preparación). PTN - ProTaper Next®; PTG - ProTaper Gold®; MT - Mtwo®; BR - BioRaCe®; WOG - WaveOne Gold®; REC - Reciproc®; MB - canal mesiobucal.<sup>33</sup>

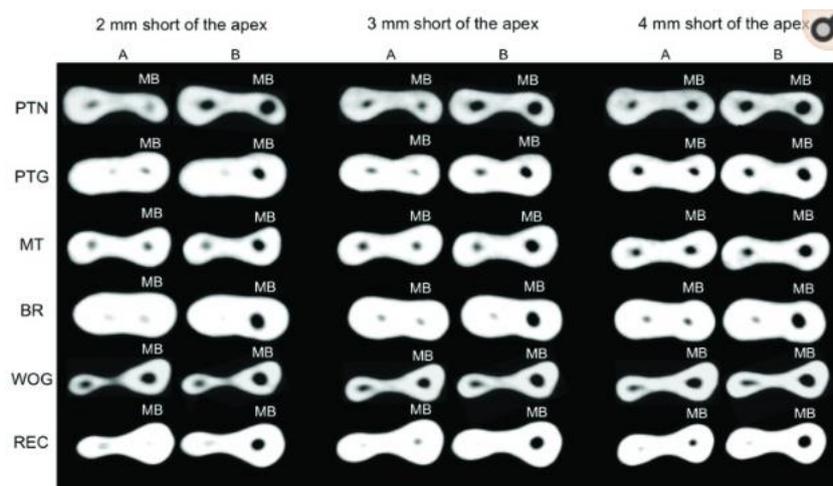


Fig. 32. Tomografía computarizada (vista axial) del tercio apical de los conductos radiculares mesiobucales. A - antes de la preparación. B - después de la preparación. PTN - ProTaper Siguinte ® ; PTG - ProTaper Gold ® ; MT - Mtwo ® ; BR - BioRaCe ® ; WOG - WaveOne Gold ® ; REC - Reciproc ® ; MB - conducto mesiobucal.<sup>33</sup>

Se encontró que la preparación de conductos radiculares curvos utilizando sistemas rotatorios (ProTaper Next, ProTaper Gold, Mtwo y BioRaCe) o reciprocantes (WaveOne Gold y Reciproc) tuvieron un bajo transporte apical y una satisfactoria conformación apical (CA) en conductos radiculares curvos. El mayor transporte mesiodistal se encontró para el sistema Reciproc, y el transporte bucolingual, para los sistemas Reciproc, ProTaper Gold y ProTaper Next. El sistema BioRaCe tenía el mejor CA mesiodistal, y el BioRaCe y Mtwo tenían un CA bucolingual similar. La comparación de los sistemas ProTaper (ProTaper Universal, ProTaper Next y ProTaper Gold) entre sí reveló que los archivos ProTaper Gold, debido a la tecnología utilizada para su fabricación y tratamiento térmico, tenían mejor fatiga cíclica y flexibilidad y producían menor transporte apical que los sistemas ProTaper Universal y ProTaper Next. El sistema BioRaCe, cuando se usa para preparar conductos radiculares curvos, no cambian la anatomía original del conducto radicular debido a sus propiedades.<sup>33</sup>

El siguiente estudio se realizó en cuarenta incisivos inferiores con conductos ovalados para evaluar la capacidad de conformación de

cuatro sistemas de instrumentación de conductos radiculares: BioRace (BR), Reciproc (R), Self-Adjusting File (SAF) y sistema TRUShape (TS) en conductos ovales, mediante análisis tomográfico microcomputado.

Después de la preparación de la cavidad de acceso, se exploró el conducto con una lima K # 20. Se realizó la conformación del conducto mediante las indicaciones de cada fabricante.

Como resultados se obtuvo que ninguno de los sistemas probados fue capaz de proporcionar una conformación óptima de los canales de forma ovalada.<sup>34</sup>(Fig. 33)

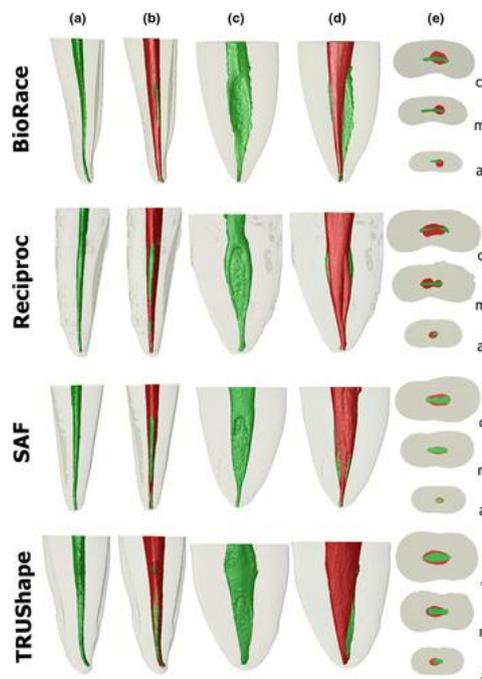


Fig. 33. Reconstrucciones en 2D y 3D representativas de la anatomía de los incisivos mandibulares de cada grupo experimental, antes y después de la preparación del conducto radicular. (a y b) Vistas bucales y (c y d) vistas de especímenes superpuestos antes (verde) y después (rojo) de la preparación del conducto radicular en cada grupo experimental; (e) cortes representativos de los canales radiculares superpuestos antes (verde) y después (rojo) de la preparación en los tercios coronal (c), medio (m) y apical (a).<sup>34</sup>

La preparación del conducto radicular con los sistemas BioRace, Reciproc, SAF y TRUShape dio lugar a cantidades similares de residuos de tejido duro acumulados. Se observó un mayor porcentaje de áreas de canales intactos y eliminación de dentina después de la preparación con los sistemas BioRace y Reciproc, respectivamente. El sistema SAF tocó más paredes radiculares y eliminó menos dentina, mientras que TRUShape tuvo resultados intermedios para estos mismos parámetros.<sup>34</sup>

En otro estudio se realizó una comparación entre los sistemas rotatorios, BioRace (BR), ProTaper NEXT (PTN) y Genius (GN) de níquel-titanio en seis conductos mesiales de molares mandibulares mediante técnica Crown Down, observando el porcentaje de la superficie del canal no instrumentado y el grado de transporte del canal se evaluaron en los tercios coronal, medio y apical de los canales. Se llegó a la conclusión de ninguno de los instrumentos pudo preparar las paredes completas del canal de la raíz.<sup>29</sup> (Fig. 34)

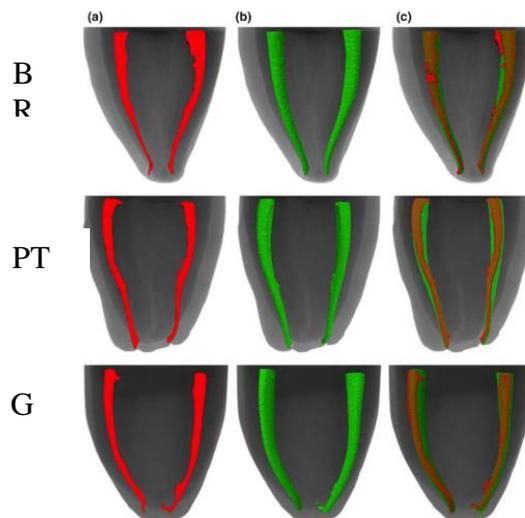


Fig. 34 Vista lateral de reconstrucciones tridimensionales representativas de la anatomía interna de los canales radiculares mesiales del primer molar mandibular para los grupos BR, PTN y GN (de arriba a abajo): (a) reconstrucción preoperatoria; (b) reconstrucción postoperatoria; (c) reconstrucción superpuesta.

## CONCLUSIONES

La conformación del sistema de conductos radiculares se presenta como un reto ante el clínico, debido a las complejidades de la morfología de los conductos radiculares y las limitaciones en el instrumental que permita eliminar la suficiente cantidad de microorganismos y al mismo tiempo conservar suficiente estructura que prevenga una fractura radicular.

Los sistemas rotatorios de Ni-Ti brindan al clínico mayor seguridad en la conformación de conductos curvos, siempre acompañados de una instrumentación manual previa ya que disminuye la transportación apical y sus complicaciones.

El sistema BioRace® brinda un apoyo al clínico para trabajar en sistema de conductos curvos; una de las principales ventajas que presenta es su aleación y sus ángulos helicoidales alternativos eliminando el efecto de bloqueo del instrumento, por lo que es menos probable realizar una transportación.

De acuerdo a las comparaciones de instrumentación con otros sistemas rotatorios, BioRace® no realiza una instrumentación completa en conductos ovals, por lo que sería necesario adquirir un set complementario del sistema y enfatizar la irrigación y la medicación intraconducto en casos necróticos infectados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rivas Muñoz, R. Endodoncia, FES IZTACALA UNAM.2008, Disponible en:  
<http://www.iztacala.unam.mx/rrivas/introduccion2.html>
2. Leonardo RM, Leonardo RT. Sistemas rotativos en endodoncia. Instrumentos de Niquel Titanio. 1ª ed. Sao Paulo Ed. Artes Médicas Latinoamericana 2002. Pp. 45-65.
3. Aguilar, E.C. Antropología Odontológica Mexicana. Rev ADM jul-ago 1993; 50(4): 249-255.
4. Lima Machado. Endodoncia de la Biología a la técnica. Tomo I.Brasil; Ed. Amolca. 2009. pp 119-150.
5. Cohen S. Burns R.Vías de la pulpa. 11ª ed.España; Editorial Elsevier. 2016. pp 209-270.
6. Ingle I. Endodoncia. 5ª ed. Ed McGraw-Hill Interamericana. 1998. pp 479-488.
7. Nisha G. Textbook of Endodontis. 3ª ed. New Delh; Ed. Jaypee Brothers Medical Publishers. 2014.. pp 157.
8. Di Fiore PM, Genov KA, Komaroff E, Li Y, Lin L. Nickel–titanium rotary instrument fracture: a clinical practice assessment. Int.Endod. J. 2006; 39:700-708.
9. Dental Tribune International. FKG Dentaire (2018 Septiembre,10) Disponible en: <https://es.dentaltribune.com/company/fkg-dentaire-sa/>
10. FKG Dentaire SA, History FKG Dentaire, Suiza, CH-2304 La Chaux-de-Fonds. Disponible en: <https://www.fkg.ch/about-us/history>
11. Swanson K, Madison S. An *Evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth*. Part I. Times periods. J Endod 1987; 13:56-9.
12. García R, Endodoncia I, Fundamentos y Clínica, 1a ed. México; Ed UNAM, 2016, pp 155-198, 229-266.
13. Mondragón EJ. Endodoncia. México. Ed Interamericana McGraw Hil.1995. pp 123-140.

14. Lopreite G, Basalaki. Claves de la endodoncia mecanizada, conceptos, recursos y conductas clinicas, 1ª ed. Argentina; Ed. Grupo Guia, 2015 pp 55-116, 213.
15. Dentsply Maillefer. México. Disponible en : [http://dentsply.com.mx/Pdf/Mi\\_Guia\\_ENDO\\_A\\_la\\_Z.pdf](http://dentsply.com.mx/Pdf/Mi_Guia_ENDO_A_la_Z.pdf)
16. Berutti E, Manual de Endodoncia; 1ª ed. Venezuela; Ed Amolca, 2017 pp 372-405.
17. Lima Machado, Endodoncia Ciencia y Tecnologia, Tomo 1, Brasil Ed Amolca, 2016 pp 2015-218.
18. Rowan MB, Nicholls JI, Steiner J. Torsional properties of stainless Steel and nickel-titanium endodontic files. J Endod 1996; 22:341.
19. Beer, R. Baumann, M. Atlas de Endodoncia. Ed. Masson. 2000. Pp 118-122, 145-155.
20. Fernández-Ponce de León YF, Mendiola-Aquino C. Evolución de los sistemas rotatorios en endodoncia: propiedades y diseño. Rev Estomatol Herediana. 2011; 21(1):51-54.
21. Anderson ME, Price JW, Parashos P. Fracture resistance of electropolished rotary nickel-titanium endodontic instruments. J Endod. 2007 Oct; 33(10):1212-6.
22. Desai P, Himel V. Comparative safety of various intracanal irrigation systems. J Endod. 2009; 35:545-549
23. Nielsen BA, Craig Baumgrtner J. Comparison of the Endo Vac system to needle irrigation of root canals. J Endod. 2007; 33:611-615.
24. Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The effectiveness of siringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. Int Endod J. 2004; 37:672-678.
25. Saquy PC, Maia Campos G, Sousa Neto MD, Guimarães LF, Pécora JD. Evaluation of Chelating action of EDTA in association with Dakin's solution. Braz Dent J. 1994; 5:65-70

26. BioRace/ FKG Dentaire.Suiza;FKG Dentaire SA. Disponible en: <https://www.fkg.ch/products/endodontics/canal-shaping-and-cleaning/biorace>
27. Burgos F, Smear Layer en Endodoncia; Chile, 2013. Disponible en: <http://www.postgradosodontologia.cl/endodoncia/images/EspecialidadEndodoncia/Seminarios/2013>.
28. Zand V, Mokhtari H, Reyhani MF, Nahavandizadeh N, Azimi S. Smear layer removal evaluation of different protocols of Bio Race file and XP- endo Finisher file in corporation with EDTA 17% and NaOCl. J Clin Exp Dent. 2017 Nov; 9(11): e1310–e1314
29. Drukteinis S. Peciuliene V. P. M. H. Dummer J. Hupp. Shaping ability of BioRace, ProTaper NEXT and Genius nickel-titanium instruments in curved canals of mandibular molars: a MicroCT study. Int Endod J 2018; ISSN: 1365-2591
30. Soares J, Goldberg F. Endodoncia, Técnica y fundamentos, 2ª ed. Buenos Aires Argentina; Ed. Panamericana, 2012, pp 196-213
31. Weber CD, McClanahan SB, Miller GA, Diener-West M, Johnson JD. The effect of passive ultrasonic activation of 2% chlorhexidine or 5.25% sodium hypochlorite irrigant on residual antimicrobial activity in root canals. J Endod 2003; 29:562-4.
32. Gu L, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. J Endod 2009;35:791-804.
33. Mamede-Neto I, Borges ÁH, Alencar AHG, Duarte MAH, Sousa Neto MD, Estrela C. Multidimensional Analysis of Curved Root Canal Preparation Using Continuous or Reciprocating Nickel-titanium Instruments. Open Dent J. 2018 Jan 29;12:32-45
34. Zuolo ML, Zaia AA, Belladonna FG, Silva EJNL, Souza EM, Versiani MA, Lopes RT, De-Deus G. Micro-CT assessment of the shaping ability of four root canal instrumentation systems in oval-shaped canals. Int Endod J. 2018 May;51(5):564-571.

35. Bonaccorso A, Schafer E, Condorelli GG, Cantatore G, Tripi TR. Chemical analysis of nickel-titanium rotary instruments with and without electropolishing after cleaning procedures with sodium hypochlorite. J Endod. 2008 Nov;34(11):1391-1395
36. Boessler C, Paque F, Peters OA. The effect of electropolishing on torque and force during simulated root canal preparation with ProTaper shaping files. J Endod. 2009 Jan;35(1):102-6
37. Siqueira J.F, Treatment of Endodontic Infections, 1<sup>a</sup> ed, Alemania; Ed. Quintessence Publishing, 2011 pp 271.
38. The Root Canal Anatomy Project. Sao Paulo, (2018 Octubre, 1) Disponible en:  
<http://rootcanalanatomy.blogspot.com/search/label>