



**INFLUENCIA DE LA CONICIDAD DE LA GUTAPERCHA EN LA ADAPTACIÓN  
A LA DENTINA DE LOS MATERIALES ENDODÓNCICOS DE OBTURACIÓN.  
INFLUÊNCIA DA CONICIDADE DA GUTTA-PERCHA NA ADAPTAÇÃO À  
DENTINA DOS MATERIAIS ENDODÔNTICOS DE OBTURAÇÃO.**

Departamento de Estomatología

**Programa de Doctorado  
Fisiopatología del aparato estomatognático  
Doctorado en Odontología.**

**Tesis doctoral.**

Presentada por:  
D. Diego Antonio Velázquez González

Dirección:  
Prof. Dr. D. Leopoldo Forner Navarro  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> D<sup>a</sup> M<sup>a</sup> Carmen Llena Puy  
Prof. Dr. D. Ignacio Barbero Navarro

Valencia

Septiembre, 2012

Esta tesis doctoral fue realizada en nombre de **Jesús** para gloria de **Dios** Padre.

**“Bendígote, Padre, Señor del cielo y de la tierra, porque ocultaste esas cosas a los sabios y entendidos y las revelaste a los pequeños. Si, Padre, porque así te agradó.”**

**Jesús de Nazaret, verdadero hijo del Dios viviente.**

Al finalizar esta Tesis Doctoral, quiero expresar mis **AGRADECIMIENTOS** a las personas, que de un modo u otro, han hecho posible su realización.

A mi madre M<sup>a</sup> Victoria gracias por estar siempre y siempre de fe. A mi mujer y a mis hijos: Catarina, Mariana, Victoria, Sofia y Santiago por ser fuente de alegría viva. A mis hermanos Victor y Margarita y a mi tío Antonio por su incondicional apoyo.

Al Prof. Dr. Leopoldo Forner por compartir su saber con maestría y humildad, guiándonos pacientemente sin tiempos. Perfil a imitar, imagen para recordar. Muchas gracias.

A la Prof<sup>a</sup> D<sup>a</sup> M<sup>a</sup> Carmen Llena por su dedicación y profesionalidad que facilitaron enormemente la realización de esta tesis. Muchas gracias.

Al Prof. Dr. Ignacio Barbero iniciador de este camino y que generosamente nos acompañó con aliento y amistad. Muchas gracias.

A la Universidad de Valencia siempre de puertas abiertas, por brindarme la oportunidad de realizar esta tesis doctoral, sobre todo al equipo de Patología y Terapéutica Dentales de la Facultad de Medicina y Odontología y especialmente a los Profs. Drs. Amelia Almenar y Vicente Ubet, que siempre nos acogieron y ayudaron. Muchas gracias también a la S<sup>a</sup> Sonia Priego por su desempeño con el microscopio confocal. ≤Ω<

Al ISCS Egas Moniz por todo lo que nos tiene dado, especialmente al Prof. Dr. Martins dos Santos por su interés y ánimo, al Prof. Dr. Mario Polido por su inestimable ayuda en el laboratorio y a todos/as los colegas que de alguna forma colaboraron en la realización de esta tesis. Gracias también al personal técnico y de la biblioteca por su profesionalidad y simpatía.

# ÍNDICE

<b>1.- INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.- ETIOLOGÍA DE LAS LESIONES PULPARES.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2.- EL TRATAMIENTO ENDODÓNCICO.....</b>	<b>3</b>
1.2.1.- INDICACIONES DEL TRATAMIENTO ENDODÓNCICO.....	3
1.2.2.- CONTRAINDICACIONES DEL TRATAMIENTO ENDODÓNCICO.....	3
1.2.3.- CRITERIOS DE ÉXITO Y FRACASO EN EL TRATAMIENTO.....	4
ENDODÓNCICO	
1.2.4.- FASES DEL TRATAMIENTO ENDODÓNCICO.....	6
<b>1.3.- PROCEDIMIENTOS PARA EL ESTUDIO DE LA ADAPTACION DE LA</b>	
<b>    OBTURACIÓN A LAS PAREDES DEL CONDUCTO RADICULAR.....</b>	<b>29</b>
1.3.1.- ESTUDIOS SOBRE LA FILTRACIÓN.....	29
1.3.2.- ESTUDIOS SOBRE LAS SECCIONES DENTALES.....	30
1.3.3.- DIAFANIZACIÓN.....	31
1.3.4.- MICROSCOPIA CONFOCAL.....	31
<b>1.4.- JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>37</b>
<b>1.5.- OBJETIVOS.....</b>	<b>38</b>
1.5.1.- OBJETIVO GENERAL.....	38
1.5.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	38
<b>2.- METODOLOGÍA.....</b>	<b>41</b>
<b>2.1.- BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>42</b>
<b>2.2.- MUESTRA.....</b>	<b>43</b>
2.2.1.- TAMAÑO.....	43

2.2.2.- CRITERIOS DE INCLUSIÓN.....	43
2.2.3.- CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.....	43
2.2.4.- FORMACIÓN DE GRUPOS.....	43
<b>2.3.- MATERIAL.....</b>	<b>44</b>
2.3.1.- PREPARATORIO DE LA MUESTRA.....	44
2.3.2.- INSTRUMENTACIÓN.....	45
2.3.3.- OBTURACIÓN.....	45
2.3.4.- PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES.....	46
2.3.5.- ANÁLISIS MICROSCÓPICO Y OBTENCIÓN DE LAS IMÁGENES.....	46
<b>2.4.- MÉTODOS.....</b>	<b>47</b>
2.4.1.- MANIOBRAS PREVIAS.....	47
2.4.2.- INSTRUMENTACIÓN.....	48
2.4.3.- OBTURACIÓN.....	50
2.4.4.- PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES.....	53
2.4.5.- OBSERVACIÓN.....	54
2.4.6.- CRITERIOS DE EVALUACIÓN.....	55
<b>2.4.6.1.- La máxima penetración tubular de cada espécimen.....</b>	<b>55</b>
<b>2.4.6.2.- El porcentaje de perímetro del conducto con penetración</b> <b>tubular.....</b>	<b>57</b>
<b>2.5.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....</b>	<b>60</b>
<b>3.- RESULTADOS Y DESARROLLO ARGUMENTAL.....</b>	<b>61</b>
3.1.- ANÁLISIS POR GRUPOS.....	62
3.2.- ANÁLISIS POR TERCIOS RADICULARES.....	66
3.3.- ANÁLISIS POR TERCIOS RADICULARES EN CADA GRUPO.....	69
3.4.- DISCUSIÓN SOBRE LA METODOLOGÍA.....	74
3.5.- DISCUSIÓN SOBRE LOS RESULTADOS.....	84

<b>4.- CONCLUSIONES</b> .....	99
<b>5.- BIBLIOGRAFÍA</b> .....	101
<b>6.-RESUMEN EN PORTUGUÉS</b> .....	131
6.1.- INTRODUÇÃO.....	132
6.2.- METODOLOGIA.....	143
6.3.- RESULTADOS E DESENVOLVIMENTO ARGUMENTOS.....	152
6.6.- CONCLUSÕES.....	159



**INFLUENCIA DE LA CONICIDAD DE LA GUTAPERCHA EN LA ADAPTACIÓN  
A LA DENTINA DE LOS MATERIALES ENDODÓNCICOS DE OBTURACIÓN.  
INFLUÊNCIA DA CONICIDADE DA GUTTA-PERCHA NA ADAPTAÇÃO À  
DENTINA DOS MATERIAIS ENDODÔNTICOS DE OBTURAÇÃO.**

Departamento de Estomatología

**Programa de Doctorado  
Fisiopatología del aparato estomatognático  
Doctorado en Odontología.**

**Tesis doctoral.**

Presentada por:  
D. Diego Antonio Velázquez González

Dirección:  
Prof. Dr. D. Leopoldo Forner Navarro  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> D<sup>a</sup> M<sup>a</sup> Carmen Llena Puy  
Prof. Dr. D. Ignacio Barbero Navarro

Valencia

Septiembre, 2012

Esta tesis doctoral fue realizada en nombre de **Jesús** para gloria de **Dios** Padre.

**“Bendígote, Padre, Señor del cielo y de la tierra, porque ocultaste esas cosas a los sabios y entendidos y las revelaste a los pequeños. Si, Padre, porque así te agradó.”**

**Jesús de Nazaret, verdadero hijo del Dios viviente.**

Al finalizar esta Tesis Doctoral, quiero expresar mis **AGRADECIMIENTOS** a las personas, que de un modo u otro, han hecho posible su realización.

A mi madre M<sup>a</sup> Victoria gracias por estar siempre y siempre de fe. A mi mujer y a mis hijos: Catarina, Mariana, Victoria, Sofia y Santiago por ser fuente de alegría viva. A mis hermanos Victor y Margarita y a mi tío Antonio por su incondicional apoyo.

Al Prof. Dr. Leopoldo Forner por compartir su saber con maestría y humildad, guiándonos pacientemente sin tiempos. Perfil a imitar, imagen para recordar. Muchas gracias.

A la Prof<sup>a</sup> D<sup>a</sup> M<sup>a</sup> Carmen Llena por su dedicación y profesionalidad que facilitaron enormemente la realización de esta tesis. Muchas gracias.

Al Prof. Dr. Ignacio Barbero iniciador de este camino y que generosamente nos acompañó con aliento y amistad. Muchas gracias.

A la Universidad de Valencia siempre de puertas abiertas, por brindarme la oportunidad de realizar esta tesis doctoral, sobre todo al equipo de Patología y Terapéutica Dentales de la Facultad de Medicina y Odontología y especialmente a los Profs. Drs. Amelia Almenar y Vicente Ubet, que siempre nos acogieron y ayudaron. Muchas gracias también a la S<sup>a</sup> Sonia Priego por su desempeño con el microscopio confocal. ≤Ω<

Al ISCS Egas Moniz por todo lo que nos tiene dado, especialmente al Prof. Dr. Martins dos Santos por su interés y ánimo, al Prof. Dr. Mario Polido por su inestimable ayuda en el laboratorio y a todos/as los colegas que de alguna forma colaboraron en la realización de esta tesis. Gracias también al personal técnico y de la biblioteca por su profesionalidad y simpatía.

# ÍNDICE

<b>1.- INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.- ETIOLOGÍA DE LAS LESIONES PULPARES.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2.- EL TRATAMIENTO ENDODÓNCICO.....</b>	<b>3</b>
1.2.1.- INDICACIONES DEL TRATAMIENTO ENDODÓNCICO.....	3
1.2.2.- CONTRAINDICACIONES DEL TRATAMIENTO ENDODÓNCICO.....	3
1.2.3.- CRITERIOS DE ÉXITO Y FRACASO EN EL TRATAMIENTO.....	4
ENDODÓNCICO	
1.2.4.- FASES DEL TRATAMIENTO ENDODÓNCICO.....	6
<b>1.3.- PROCEDIMIENTOS PARA EL ESTUDIO DE LA ADAPTACION DE LA</b>	
<b>    OBTURACIÓN A LAS PAREDES DEL CONDUCTO RADICULAR.....</b>	<b>29</b>
1.3.1.- ESTUDIOS SOBRE LA FILTRACIÓN.....	29
1.3.2.- ESTUDIOS SOBRE LAS SECCIONES DENTALES.....	30
1.3.3.- DIAFANIZACIÓN.....	31
1.3.4.- MICROSCOPIA CONFOCAL.....	31
<b>1.4.- JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>37</b>
<b>1.5.- OBJETIVOS.....</b>	<b>38</b>
1.5.1.- OBJETIVO GENERAL.....	38
1.5.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	38
<b>2.- METODOLOGÍA.....</b>	<b>41</b>
<b>2.1.- BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>42</b>
<b>2.2.- MUESTRA.....</b>	<b>43</b>
2.2.1.- TAMAÑO.....	43

2.2.2.- CRITERIOS DE INCLUSIÓN.....	43
2.2.3.- CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.....	43
2.2.4.- FORMACIÓN DE GRUPOS.....	43
<b>2.3.- MATERIAL.....</b>	<b>44</b>
2.3.1.- PREPARATORIO DE LA MUESTRA.....	44
2.3.2.- INSTRUMENTACIÓN.....	45
2.3.3.- OBTURACIÓN.....	45
2.3.4.- PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES.....	46
2.3.5.- ANÁLISIS MICROSCÓPICO Y OBTENCIÓN DE LAS IMÁGENES.....	46
<b>2.4.- MÉTODOS.....</b>	<b>47</b>
2.4.1.- MANIOBRAS PREVIAS.....	47
2.4.2.- INSTRUMENTACIÓN.....	48
2.4.3.- OBTURACIÓN.....	50
2.4.4.- PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES.....	53
2.4.5.- OBSERVACIÓN.....	54
2.4.6.- CRITERIOS DE EVALUACIÓN.....	55
<b>2.4.6.1.- La máxima penetración tubular de cada espécimen.....</b>	<b>55</b>
<b>2.4.6.2.- El porcentaje de perímetro del conducto con penetración</b>	
<b>tubular.....</b>	<b>57</b>
<b>2.5.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....</b>	<b>60</b>
<b>3.- RESULTADOS Y DESARROLLO ARGUMENTAL.....</b>	<b>61</b>
3.1.- ANÁLISIS POR GRUPOS.....	62
3.2.- ANÁLISIS POR TERCIOS RADICULARES.....	66
3.3.- ANÁLISIS POR TERCIOS RADICULARES EN CADA GRUPO.....	69
3.4.- DISCUSIÓN SOBRE LA METODOLOGÍA.....	74
3.5.- DISCUSIÓN SOBRE LOS RESULTADOS.....	84

<b>4.- CONCLUSIONES</b> .....	99
<b>5.- BIBLIOGRAFÍA</b> .....	101
<b>6.-RESUMEN EN PORTUGUÉS</b> .....	131
6.1.- INTRODUÇÃO.....	132
6.2.- METODOLOGIA.....	143
6.3.- RESULTADOS E DESENVOLVIMENTO ARGUMENTOS.....	152
6.6.- CONCLUSÕES.....	159

**1**

# **INTRODUCCION**

## **1.1.- ETIOLOGÍA DE LAS LESIONES PULPARES Y PERIAPICALES**

La Endodoncia es la rama odontoestomatológica que se encarga del estudio de la morfología, la fisiología y la patología de la pulpa dental y de los tejidos perirradiculares, así como del diagnóstico diferencial y del tratamiento de dichas enfermedades pulpares y perirradiculares. También entran dentro de ella: los blanqueamientos de los dientes desvitalizados con alteraciones del color, el tratamiento de las resorciones radiculares, el manejo de la pulpa afectada en los traumatismos dentales y los retratamientos de conductos en aquellos casos que han fracasado previamente [Rodríguez, 2003; AEDE, 2004].

La caries es una enfermedad infecciosa crónica y acumulativa [Llena y Forner, 2008]. Debido a la progresión de la caries dentaría, traumatismos o por causa yatrogénicas, los microorganismos, que son considerados los principales agentes etiológicos en las patologías pulpares y periapicales [Silva y cols., 2000; Alves, 2004; Bevilacqua y cols., 2004; Cobancara y cols., 2004; Lin y cols., 2005; Gharib y cols., 2007; Patel y cols., 2007 ]; y otras sustancias irritantes de la cavidad oral, pueden invadir el tejido pulpar. Esta invasión microbiana producirá una agresión pulpar que dependiendo de su gravedad, duración y de la capacidad de reacción del huésped, puede ir desde una pulpitis transitoria hasta la necrosis total de la pulpa.

## **1.2.- EL TRATAMIENTO ENDODÓNCICO**

### **1.2.1.- INDICACIONES DEL TRATAMIENTO ENDODÓNCICO**

La terapia endodóncica está indicada en aquellas situaciones en las que la pulpa experimenta alteraciones degenerativas irreversibles, asintomáticas o no, que devienen en daño [Coolidge, 1968]. El ámbito de acción de la Endodoncia contempla la posibilidad de tratar dientes con la pulpa viva y sana en procedimientos que suponen una agresión al endodonto, como ciertos tratamientos quirúrgicos o protéticos.

### **1.2.2.- CONTRAINDICACIONES DEL TRATAMIENTO ENDODÓNCICO**

El tratamiento endodóncico está desaconsejado cuando los conductos presentan una morfología que imposibilita alcanzar los objetivos de limpieza y obturación adecuados, como en los casos de resorciones dentinarias internas o externas muy acusadas, los conductos calcificados total o parcialmente y las raíces extraordinariamente curvas en las que la cirugía apical está contraindicada. También hay anomalías morfológicas que no precisan de tratamiento endodóncico si son asintomáticas como el diente evaginado anterior [Llena y Forner, 2005]. Los dientes con resorciones radiculares apicales debidas a tratamiento ortodóncico deben excluirse de la terapia endodóncica [Mattison y cols., 1983]. Asimismo, las raíces incapaces de soportar un aislamiento con dique de goma son candidatas a la exodoncia [Cohen y Schwartz, 1987].

Otras circunstancias que inclinan a la exodoncia son ajenas a la dificultad intrínseca del procedimiento endodóncico; como por ejemplo, los dientes portadores de caries no restaurables [Forner, 1996], aquéllos cuyo valor funcional es escaso, como los terceros

molares, y los dientes que poseen graves alteraciones periodontales [Matsumolot y Ngai, 1987; Forner y Rodriguez, 2003].

### **1.2.3.- CRITERIOS DE ÉXITO Y FRACASO EN EL TRATAMIENTO ENDODÓNCICO**

El éxito del tratamiento endodóncico es el resultado de un buen diagnóstico, una esmerada preparación del conducto y una rigurosa obturación. Hay que tener en cuenta que aunque se alcance transitoriamente el éxito, la integridad dentaria está amenazada por circunstancias ajenas al tratamiento propiamente dicho (pérdida de soporte por enfermedad periodontal, fractura dentaria debida a reconstrucción inadecuada, caries, etc.) y son, de acuerdo con Vire (1991), las causas más frecuentes de exodoncia del diente endodonciado.

El pronóstico [Walton y cols., 1991] de los conductos radiculares depende de una serie de factores como son: factores anatómicos, estados patológicos previos, factores del tratamiento y los accidentes en los procedimientos.

Se establecen tres criterios fundamentales para valorar si el tratamiento endodóncico ha sido un éxito [Pacheco, 1993]:

1. El criterio histológico consiste en la reparación completa de las estructuras periapicales y la ausencia de células inflamatorias.

2. Los criterios clínicos que se suelen utilizar son los establecidos por Bender y cols. (1966): Ausencia de dolor e inflamación, desaparición de la fístula, recuperación de la función y la ausencia de destrucción de tejidos blandos. Es normal cierta molestia durante los días posteriores al tratamiento en los casos en los que se realiza una biopulpectomía y esto no presupone un futuro desfavorable [Arias y cols., 2001]. La aparición de inflamación en los días posteriores a la realización de necropulpectomía puede considerarse una complicación del tratamiento, pero no augura obligatoriamente un fracaso.

3. El criterio radiográfico de éxito consiste en que desaparezca o no se desarrolle un área de rarefacción tras el tratamiento en uno a cuatro años, o en observar una evolución favorable de áreas periapicales preexistentes. Es importante saber que la completa regeneración radiográfica de las estructuras periapicales no siempre ocurre, aun en los casos en que el tratamiento no ha fracasado. A una obturación radiográficamente adecuada (límite apical correcto y gutapercha homogéneamente condensada) hay que otorgarle fundadas esperanzas de éxito pero no la certidumbre de éste, hasta comprobar la resolución de las anomalías que hubiese previas al tratamiento [Pacheco, 1993] o la ausencia de desarrollo patológico si no existía con anterioridad, hasta un periodo de cuatro años [Stabholz y Walton, 1996].

Existe controversia [Dawson y Cardaci, 2006; Pothukuchi, 2006] en algunos casos acerca de si es preferible efectuar un tratamiento de conductos radiculares y reconstruir el diente con una restauración con protección cuspídea o extraerlo y colocar una corona implanto-soportada. En la mayoría de los estudios realizados [Doyle y cols., 2006; Iqbal y Kim, 2008; Hannahan y Eleazer, 2008 ], las tasas de éxito / fracaso son similares para ambas hipótesis.

La causa más frecuente del fracaso del tratamiento endodóncico suelen deberse a la incapacidad de eliminar la infección intrarradicular por un control aséptico inadecuado, preparación pobre de los conductos radiculares o complejidad del sistema de conductos radiculares [Nair, 2006].

Según Kleier (1984), el principal motivo que conduce a un resultado adverso en la terapia endodóncica se debe a la filtración por una obturación incompleta del conducto radicular. Kayat y cols. (1993) identifican varios motivos que pueden comprometer el sellado de dientes endodonciados: obturación incompleta de los conductos, caries en contacto con materiales de obturación radicular, falta de restauraciones coronales adecuadas y fracturas dentarias de dientes tratados endodóncicamente.

## **1.2.4.- FASES DEL TRATAMIENTO ENDODÓNCICO**

### **1.2.4.1.- Diagnóstico**

El diagnóstico endodóncico tiene dos objetivos: Determinar la existencia o no de patologías que afecten al complejo pulpo-dentinario y establecer las características anatómo-fisiológicas que puedan condicionar la realización del tratamiento endodóncico.

Para obtener un diagnóstico endodóncico adecuado y después de una historia médica general se realizan los siguientes pasos: Anamnesis, exploración clínica básica y exploraciones complementarias.

Mediante la anamnesis se determina cronológicamente el motivo principal de la consulta. El síntoma principal será el dolor; se dirigirán preguntas al paciente para poder determinar su localización, origen, duración y carácter. En la exploración clínica básica realizaremos: la inspección, palpación y percusión de los dientes y tejidos blandos orales y extraorales, buscando signos que faciliten el diagnóstico.

Finalmente se realizarán las pruebas complementarias:

1. Pruebas térmicas. Cuando la pulpa sufre cambios, la respuesta ante los estímulos térmicos se altera. Esta respuesta es subjetiva pues el umbral de la percepción del dolor varía de un paciente a otro. Tradicionalmente se han venido realizando pruebas de frío y de calor, siendo la más habitual la del frío. Si se produce un dolor agudo superior en un diente en comparación con los otros y, sobre todo, si el dolor persiste durante algunos minutos después de retirar el estímulo, nos encontraremos ante una lesión pulpar irreversible. Si por el contrario no hay

respuesta al estímulo hay que confirmar la necrosis pulpar, mediante pruebas clínicas, antes de realizar el tratamiento endodóncico.

2. Pruebas eléctricas. También utilizadas para determinar la sensibilidad de la pulpa, mediante la excitación eléctrica con un pulpómetro. Es una prueba poco específica con falsos positivos y negativos por lo que se utiliza cada vez menos [Jafarzadeh y Abbott, 2010].

3. Radiografía. Ayuda en el diagnóstico diferencial y es fundamental para el estudio de la anatomía dentaria ya que pone sobre aviso a cerca de la posición y tamaño de la cámara pulpar de el diente. Para conocer los detalles anatómicos de las raíces y sus conductos se realizan 2 o 3 radiografías periapicales, una ortoradial y otras mesio y/o distoradial, utilizando posicionadores radiográficos. Existe un interés creciente en aplicar la tomografía computadorizada en el estudio de la patología periapical [Huumonen y cols., 2006; Simon y cols., 2006; Low y cols., 2008; Estrela y cols., 2008; Jorge y cols., 2008].

4. Prueba de la cavidad. Ante la sospecha de una necrosis pulpar, pero no totalmente confirmada, se talla sin anestesia una pequeña caja en oclusal en dirección cameraria, de tal forma que si se llega a su luz sin dolor, se confirmará la necrosis pulpar.

5. Prueba de la anestesia. Se utiliza para localizar el origen del dolor cuando este no esta claro, y solo después de haber realizado otras pruebas exploratorias con resultados no conclusivos.

6. Flujo pulpar. La oximetría de pulsación evalúa el grado de salud pulpar midiendo la saturación de oxígeno en sangre arterial así como la frecuencia de pulsación [Calil, 2008].

Aggarwal (2008) considera la ecografía una técnica no invasora y sencilla, útil en el diagnóstico diferencial de las lesiones periapicales.

No siempre la claridad de los signos o síntomas es manifiesta, y la certidumbre ha de apoyarse en el estudio de pruebas que revelen, no sólo alteraciones pulpares irreversibles sino la coexistencia de lesiones, situación ésta difícil de definir y precisar [Krell y Walton, 1986].

#### **1.2.4.2.- Tratamiento endodóncico.**

Los objetivos del tratamiento endodóncico consisten en limpiar el sistema de conductos radiculares lo más asépticamente posible, configurar dichos conductos de forma cónica desde el ápice hasta la porción coronal y obturarlos progresivamente de forma tridimensional consiguiendo un sellado tanto apical como coronal del conducto, de tal forma que proporcione la recuperación histológica de la patología periapical.

Los pasos necesarios para realizar el tratamiento endodóncico suponen la preparación del acceso, determinar la longitud de trabajo, la limpieza, la conformación del sistema de conductos radiculares, su posterior obturación y la reconstrucción coronal.

Para la conformación radicular realizaremos los siguientes pasos:

**A- Preparación del acceso.** En primer lugar es necesario un examen radiográfico que oriente sobre la anatomía del diente [Gani y cols., 1993]. Se persiguen tres objetivos que son: conseguir un acceso en línea recta a través de la cámara pulpar hasta el tercio apical, o por lo menos hasta la primera curvatura del conducto radicular, conservar la máxima cantidad de estructura dentaria, y por último, la eliminación completa del techo de la cámara pulpar con la exposición de los cuernos pulpares.

**B- Determinación de la longitud de trabajo.** La longitud de trabajo es la distancia entre la referencia coronaria y el punto donde la preparación y el sellado del conducto debe acabar; determina la extensión del proceso de limpieza y configuración.

Hay varios métodos para su determinación: radiográfico, electrónico, táctil, mediante los conos de papel o por la impresión del paciente. A pesar de las divergencias observadas en la literatura, parece que el nivel adecuado del fin de la preparación sería aquel lo más próximo posible de la constricción apical, ya que es el punto más estrecho del conducto radicular y facilita la confección de la matriz para recibir el cono principal de gutapercha [Coolidge, 1929]. Ciertos autores preconizan que esta intervención debe ser realizada lo más próximo del foramen [De Deus, 1992; Roane, 1992; Simon, 1992; Wu y cols., 2000]. Hay que evitar instrumentar más allá del foramen apical, pues se reduce el índice de éxitos [Elayouti y cols., 2001]. Además, la existencia de innumerables investigaciones que comprobaron que los mejores resultados son obtenidos cuando el material obturador se mantiene dentro del conducto, consolidan esta opinión [Santos y cols., 2008]. Aunque, cuando se trabaja a una longitud de trabajo inferior, se corre el riesgo de acumular residuos, lo que podría producir el bloqueo de la zona apical, que es la causa más frecuente de persistencia de la periodontitis apical [Nair, 2006].

**C- Instrumentación.** La preparación biomecánica [Orts y cols., 1989] pretende conseguir un completo desbridamiento y la remoción de los tejidos pulpaes vivos o necróticos y de la dentina infectada de los conductos radiculares, así como una conformación adecuada de los mismos para facilitar su obturación. La instrumentación radicular debería estar confinada al espacio del conducto radicular (ni más corto ni más largo), ser lo suficientemente ancha y abarcar la sección del conducto original.

Con la incorporación de las limas de níquel-titanio, el diseño de los instrumentos varió en relación a su conicidad, longitud de superficie cortante y diseño de la punta [Serene y cols., 1995]. Hay muchas variaciones y propiedades físicas que influyen en la capacidad de las limas de NiTi [Thompson, 2000; Kuhn y Jordan, 2002; Peters y Barbakow, 2002].

Recientemente se ha incorporado el electropulido en la confección de los instrumentos de NiTi para eliminar las irregularidades de la superficie lo que aumenta la resistencia a la corrosión y a la fatiga del instrumento, disminuyendo el riesgo de su fractura. En cambio, los resultados

de las investigaciones han sido controvertidos en ambos aspectos [Peters y cols., 2007; Bonnaccorso y cols., 2008]. Incluso algunos estudios indican que el riesgo de fractura es mayor en las limas rotatorias de NiTi cuando las comparamos con las limas K [Thompson y Dummer, 1997; Bryant y cols., 1998]. Así, son varias las precauciones que el clínico debe de tomar a la hora de disminuir el riesgo de fractura de los instrumentos de NiTi de rotación continua como son: evitar ejercer fuerzas en dirección apical, así como la no utilización de instrumentos de alta conicidad en el tercio apical cuando hay conductos muy curvos y estrechos.

Los instrumentos del sistema rotatorio Mtwo presentan una sección en forma de S, con dos bordes cortantes con un ángulo positivo y un paso de rosca que aumenta desde la punta inactiva hacia el mango. La serie básica son 8 instrumentos con conicidades entre 4 y 7% y calibres entre 10 y 40.

Las técnicas principales de preparación de los conductos radiculares pueden ser clasificadas como técnicas corono-apical o *crow-down*, apico-coronal o *step-back* y técnicas híbridas.

En la técnica *crow-down* se instrumenta primero la porción coronaria del conducto utilizando limas de diámetro superior, que se van reduciendo a medida que se avanza apicalmente hasta llegar a la longitud de trabajo. Mediante esta técnica se tiene mejor control de los instrumentos en el tercio apical disminuyendo la probabilidad de producir alteraciones durante la instrumentación [Leeb, 1983], además, se intenta minimizar o eliminar la extrusión de restos necróticos a través del foramen apical [Fairbourn y cols., 1987]. Varios estudios han demostrado [Saunders y Saunders, 1992; Saunders y Saunders, 1994] que esta técnica, mediante la utilización de limas Flex-R, deja la preparación de los conductos curvos más centrada que utilizando la técnica *step-back*. La mayoría de las técnicas que utilizan limas rotatorias realizan la técnica *crow-down*, pues reducen las fuerzas de torsión y minimizan el riesgo de su fractura [Blum y cols., 1999]. Un ejemplo es el sistema de limas rotatoria ProFile [Schrader y cols., 1999].

La técnica simultánea consigue desde la primera lima, una preparación al mismo tiempo de toda la longitud del conducto sin ensanchamiento previo del tercio coronario.

Independientemente de la técnica elegida, la preparación del conducto debe de satisfacer estos objetivos: respetar la ubicación original del conducto, configurarlo de manera cónica y crear apicalmente un estrechamiento que a la vez resista la condensación del material de obturación e impida su extrusión [Weine y cols., 1975].

Los instrumentos sónicos y ultrasónicos introducidos en Endodóncia produce escaso ensanchamiento del conducto, siendo su principal eficacia el incremento de la limpieza mediante la propulsión del irrigante a través del sistema de conductos radiculares. Para Calas y Terrie (1990), sólo mediante el empleo de ondas acústicas se puede limpiar el sistema de conductos en toda su totalidad, inclusive en zonas profundas difícilmente accesibles a la acción del limado.

El láser Nd:YAG ha encontrado una aplicación en Endodóncia como instrumento de limpieza eficaz y, a juicio de Levy (1992), es capaz también de conseguir una preparación cónica del conducto desde el ápice hasta la región coronal.

La técnica no instrumentada, utiliza una máquina que desarrolla una cavitación controlada en el espacio pulpar mediante campos de presión alternantes que generan burbujas de diferentes tamaños. Este sistema utiliza presión reducida, lo que, teóricamente, impide que el irrigante sobrepase el foramen apical. Lussi y cols. (1994), opinan que la capacidad de limpieza es, como mínimo, igual a la conseguida con la instrumentación manual. Pero el trabajo Attin y cols. (2002), revelan su escasa capacidad de limpieza, tanto más manifiesta cuanto más apical es la zona considerada, de tal suerte que el último tercio del conducto alberga restos orgánicos en el 80% de los casos.

**D- Limpieza y desinfección.** Mediante las técnicas de preparación de los conductos radiculares, se realiza simultáneamente su configuración y su limpieza. Los instrumentos que

ensanchan el conducto son, pues, unos eficaces agentes limpiadores [Bystrom y Sundqvist, 1981] que consiguen una limpieza mecánica.

Aunque los trabajos *in vitro* de Siqueira Jr. y cols. (1999), indican que es posible una reducción mayor del 90% de la población bacteriana de los conductos radiculares mediante la acción mecánica de raspado que ejercen las limas, Peters y Harrison (1992), han descrito que la instrumentación mecánica, por sí sola, deja más del 35% de la superficie del conducto radicular sin tocar, sobre todo en el tercio apical y en conductos de formato oval [Peters y cols., 2001; Hubscher y cols., 2003], donde pueden sobrevivir microorganismos.

El contacto de los instrumentos en el conducto comporta la formación de residuos que precisan ser evacuados; de otro modo, el conducto se convertiría en un almacén de desechos que obstruiría la secuencia operatoria. Esta capa se denomina barro dentinario, o capa residual, que es una estructura amorfa de 1 - 2  $\mu\text{m}$  de grosor compuesta por desechos inorgánicos de la dentina, así como sustancias orgánicas como partes del proceso odontoblástico, microorganismos y tejido necrótico pulpar [Mc Comb y Smith, 1975], pero la parte más profunda de la capa residual está dentro de los túbulos dentinarios con un grosor superior a los 40  $\mu\text{m}$  [Mader y cols., 1984]. Todos los instrumentos ocasionan la formación de la capa residual. Su grosor, penetración en los túbulos dentinarios y textura superficial varía en función del sistema de instrumentos utilizados [Kum y cols., 2006].

Así los objetivos de la irrigación endodóncica son de dos tipos: objetivos mecánicos; que consisten en la eliminación de los detritos producidos durante la instrumentación, lubricar el conducto radicular y la disolución de los tejidos orgánicos e inorgánicos, y el objetivo biológico; que consiste en la eliminación del mayor número posible de microorganismos.

Durante la historia de la Endodóncia, numerosas sustancias químicas han sido utilizadas como soluciones de irrigación. El irrigante ideal debería ser un eficiente germicida y fungicida, que no irritase el tejido periapical y que no interfiriese en el proceso de su reparación; ser una

solución estable, tener un efecto antimicrobiano prolongado, activo en presencia de sangre, suero y proteínas derivadas de los tejidos, poseer una baja tensión superficial, y no inducir una respuesta inmunitaria; además debería de ser capaz de eliminar completamente el barrillo dentinario y desinfectar la dentina que esta por debajo, no ser ni antigénico ni tóxico ni carcinogénico, y no ser perjudicial para las características físicas de la dentina ni alterar la capacidad de sellado de los materiales de obturación. Finalmente, ser relativamente barato [Tay y cols., 2006].

Los irrigantes más utilizados en la actualidad son el hipoclorito de sodio, la clorhexidina y el ácido etilendiamino tetra acético (EDTA). El hipoclorito de sodio ha sido definido como el agente irrigante más indicado para el tratamiento endodóntico [Zehnder, 2006], habiendo sido utilizado desde hace casi un siglo [Daikin, 1915]. Posee una actividad antimicrobiana de amplio espectro incluyendo *enterococcus*, *Actinomyces* y *Candidas* [Zehnder, 2002]. Además tiene la capacidad de disolver el material orgánico como el tejido pulpar y el colágeno [Gordon y cols., 1981; Abbott y cols., 1991].

El rango de concentraciones de hipoclorito de sodio utilizadas en el tratamiento endodóntico varían desde el 0,5% hasta el 6%. Ruff y cols. (2006) encontraron que 1 minuto de aplicación de hipoclorito de sodio al 6% y clorhexidina al 2% eran igualmente efectivos en la eliminación de microorganismos y estadísticamente superiores que el MTAD y EDTA al 17%, en la eliminación de *Candida Albicans*. Heling y Chandler (1998), también encontraron que la clorhexidina y el hipoclorito de sodio tenían similar efectividad en la eliminación de las bacterias estudiadas.

La clorhexidina es un agente anti-microbiano de amplio espectro, efectivo contra bacterias gran negativas y gran positivas. Su uso como irrigante endodóntico [Evanov y cols., 2004] está basado en su sustantividad y en su efecto anti-microbiano de larga duración, por lo que ha sido propuesta como irrigante final, especialmente en casos de retratamiento endodóntico [Zamany y cols., 2003].

El efecto de las sustancias quelantes consiste en ayudar a permeabilizar los conductos radiculares estrechos, curvos y calcificados. Desde 1957 el EDTA es utilizado como quelante. También se ha demostrado cierta capacidad de inhibición del crecimiento bacteriano por parte del EDTA.

Aunque la mayoría de los investigadores recomiendan eliminar ese residuo orgánico, no existe un criterio unánime a favor o en contra de la permanencia del barro dentinario [Moss y cols., 2001]. Vassiliadis y cols. (1996), confirmaron que la eliminación del barro dentinario mejora el sellado coronario. Los trabajos de Drake y cols. (1994), indicaron que el barro dentinario puede ser una ayuda al bloquear la entrada de bacterias en los túbulos. Clark-Holke y cols. (2003), no concordaron con los anteriores, y son favorables a su eliminación. Chailertvanitkul y cols. (1996), no encontraron diferencias en el grado de penetración bacteriana en dientes obturados con y sin barro dentinario. La diferente metodología empleada en los diferentes estudios puede ser la causa de estos resultados tan dispares.

En una revisión de artículos sobre soluciones irrigantes [Zehnder, 2006] se concluyó que las soluciones de hipoclorito sódico son imprescindibles para la disolución de tejido pulpar vital y necrótico así como por su acción anti-bacteriana. Las soluciones de quelantes son necesarias para la prevención y eliminación de la capa residual. Las soluciones de clorhexidina al 2% son un complemento, especialmente en los re-tratamientos.

Hay varios factores importantes que afectan la eficacia de la irrigación del conducto radicular siendo uno de los más importantes el volumen de irrigante utilizado [Yamada y cols., 1983], de tal forma que, tanto el hipoclorito de sodio como el EDTA consiguen una acción de limpieza significativamente superior cuando se utilizan altos volúmenes de irrigación cuando comparados con volúmenes inferiores.

Cuando utilizamos las agujas como método de irrigación dentro de los conducto radicular debemos tener en cuenta que el irrigante solamente alcanza de 1 a 1,5 mm apicalmente de la punta de la aguja [Zehnder, 2006], por lo que la colocación de la punta cerca de la longitud de trabajo es importante para conseguir una buena acción de la irrigación [Boutsioukis y cols.,

2009]. De todas formas durante la irrigación, es conveniente incorporar, mediante la utilización de pequeños instrumentos [Mayer y cols., 2002] o por pequeños movimientos de la jeringa [Hulsmann y Hahn, 2000], una acción de agitación intermitente del contenido del conducto radicular para prevenir la acumulación de restos, especialmente en su tercio apical, y así aumentar la efectividad de la irrigación.

La irrigación activada tanto sónica como ultrasónica, mostraron ser superiores cuando fueron comparadas con la irrigación pasiva [Burleson y cols., 2007; Sluis y cols., 2007], siendo la activación ultrasónica la que consigue conductos más limpios [Sabins y cols., 2003].

Otro sistema es la irrigación a presión negativa, comercializado como EndoVac (Philips Oral Healthcare, Los Ángeles, EE.UU.) y como el RinsEndo System (Durr Dental, Bietigheim-Bissingen, Alemania). Según Nielsen y Baumgartner (2007), EndoVac mejora la eliminación de residuos. Hauser (2007) también encontró una mejor limpieza de las paredes del conducto radicular mediante el uso del dispositivo RinsEndo (Durr Dental, Bietigheim-Bissingen, Alemania) cuando lo comparó con una jeringa convencional.

**E- Obturación.** La obturación consiste en introducir unos materiales que sellen totalmente la luz del conducto radicular con el propósito de cerrarlo por los dos extremos y hacerlo impermeable, impidiendo el paso de sustancias a su través [Gutmann y Witherspoon, 1999; Shipper y cols., 2005]. La importancia de la obturación del conducto radicular radica, en la reducción del espacio disponible para la colonización bacteriana, prevenir la contaminación del ápice con bacterias después de la eliminación del tejido pulpar y la circulación de las mismas a lo largo del conducto radicular [Pitt, 1983; Lin y cols., 2005]. Es imprescindible una obturación total del espacio del conducto. Esta condición no puede ser lograda a menos que las paredes del conducto sean limadas hasta la dentina mineralizada y todos los restos sean eliminados del conducto [Orts y cols., 1989]. Además, es necesaria una restauración que proporcione un buen sellado coronal que impida la filtración de bacterias [Barrieshi-Nusair y cols., 2005].

En un estudio sobre las causas de éxito y fracaso endodóncico [Ingle y cols., 1996], se consideró que la mayoría de los fracasos se debían a una obturación deficiente de los conductos, que estaría favorecida por la complejidad de la anatomía radicular [Ingle 1961; Grossman y cols., 1964; Karagöz-Küçükay, 1994; Walton y Torabinejad, 1998; DuLac y cols., 1999]. La presencia de múltiples foraminas, deltas apicales y conductos accesorios, como componentes de este sistema [Budd y cols., 1991; Goldberg y cols., 1991; Al-Dewani y cols., 2000; Gilhooly y cols., 2000], constituyen un verdadero reto para lograr un sellado tridimensionalmente hermético. En este sentido, la consecución y mantenimiento del sellado radicular es un requisito muy importante para el éxito del tratamiento endodóncico [Wu y Wesselink, 1993].

La discrepancia morfológica de los instrumentos entre si, entre instrumentos y los conos de gutapercha sumado a la amplia variedad anatómica de los conductos radiculares, hace compleja la obturación tridimensional de los conductos radiculares. De esta forma se hace necesario que los conos obturadores se complementen con un sellador. Está generalmente aceptado que la gutapercha junto con un cemento sellador es el método más seguro para obturar el sistema de conductos radiculares [Ostravik y cols., 1983]. Es importante que el porcentaje de sellador / interfase dentinaria que es cubierta por el sellador, y el grado de penetración del sellador en los túbulos dentinarios sea lo más grande posible [Ordinola-Zapata, 2009]. La habilidad de penetración en los túbulos dentinarios por parte del material de obturación radicular es considerado como un aspecto positivo y relevante en la prevención de la re-infección de los túbulos dentinarios y del propio conducto radicular [Weis y cols., 2004].

## ✦ Materiales empleados en la obturación del conducto radicular.

Las propiedades ideales de un material de obturación radicular, citadas por Grossman (1988) en 1940, comprenden: su fácil manipulación y amplio tiempo de trabajo, dimensionalmente estable, con capacidad de sellar el sistema de conductos radiculares, impermeable a la humedad y que no se corroa por los fluidos de los tejidos, que no irrite el periápice, que inhiba el crecimiento bacteriano, que sea radiopaco, estéril, que no tiña el diente y si es necesario, que sea fácil de retirar.

Actualmente no hay ni material ni técnica que selle de forma predecible el sistema de conductos radiculares [Saunders y Saunders, 1994], ni alcancen todos los objetivos de la obturación ideal, siendo constantes las microfiltraciones bien sean coronales o apicales, especialmente en la interfase entre las paredes del conducto y los materiales de obturación [Kataoka y cols., 2000; Shipper y cols., 2005].

Los materiales utilizados en la obturación de conductos incluyen un material de núcleo, sólido o semisólido, y cementos selladores como materiales plásticos [Lucena y cols., 2002].

- Material de núcleo. Entre los materiales de núcleo se encuentran la gutapercha, núcleos de plata, puntas elaboradas con acrílico y el resilon, un polímero sintético basado en la policaprolactona.

Gutapercha. La gutapercha es un polímero natural, flexible y de excelente resistencia química, que se obtiene del árbol *Palaquium gutta*. Químicamente es el estereoisómero totalmente "trans" del caucho natural (hule). Es el poli-trans-1-4-isopreno, que fue introducido por Bowman [Lee y cols., 1997; Figueiredo y Estrela, 1999; Johnson y Gutmann, 2007].

Desde hace mucho tiempo, y debido a sus propiedades físico-químicas, se usa la gutapercha para obturar los conductos radiculares [Goldberg, 1996], ya que por su visco-elasticidad es fácil de manipular y facilita su adaptación a las paredes del conducto [Canalda, 2006]. Es biocompatible [Hunter, 1957; Tavares y cols., 1994], comportándose de modo inerte, sin capacidad inmunógena [Gutmann y Witherspoon, 1999]. Estas propiedades posibilitan su empleo en las diferentes técnicas de obturación de conductos radiculares [Budd y cols., 1991; Combe y cols., 2001]. Además, es radiopaca, no tiñe los tejidos dentales y se elimina fácilmente del conducto si fuera necesario. No obstante, su escasa rigidez y capacidad adhesiva hacen necesario el uso de un cemento sellador para conseguir un sellado tridimensional hermético.

Si la gutapercha alfa (estado natural de la misma) se somete a la temperatura de fusión, se transforma en una gutapercha amorfa, que al ser enfriada a temperatura ambiente y de modo espontáneo, adopta la forma cristalina beta. Por el contrario, si se enfría lentamente, se produce una re-cristalización en la forma alfa. En la fase beta el material es una masa sólida que puede condensarse, no presentando adherencia a la dentina. En la fase alfa es un material flexible y pegajoso que puede fluir bajo presión y tiene cierto grado de adhesividad. Zhang y cols. (2011), encontraron que la fase alfa fluía significativamente mejor que la fase beta dentro de los canales laterales y depresiones en el tercio apical de un modelo de estudio al utilizar una técnica de compactación vertical caliente.

La alteración volumétrica que puede sufrir la gutapercha es de gran importancia en Endodóncia, una vez que después de expandirse, al enfriarse sufrirá una contracción, dejando posibles espacios entre ella y las paredes dentinarias.

La presentación de la gutapercha más utilizada en Endodoncia es en forma de puntas o conos, de los cuales solo el 20-25% de su composición es gutapercha, el resto lo forman el óxido de zinc (alrededor del 70%) y otros aditivos (entre un 5 y un 10%) como metales pesados radiopacos, colorantes (eritrosina) y ceras (plastificadores) [Friedman y cols., 1977].

Los conos de gutapercha pueden ser estandarizados o no. Los conos estandarizados en tamaños ISO, (International Standard Organization) están relacionadas con el tamaño de las limas endodóncicas manuales desde el número 15 al 140 (ANSI/ADA N° 78. American National Standard Institute/American Dental Association) y con una conicidad del 0,02, o sea el diámetro del cono, empezando desde la punta, aumenta 0.02 mm por cada mm de longitud.

Los conos no estandarizados tienen una conicidad mayor, y usualmente son designados como extra-finos, finos-finos, medio-finos, finos, fino-medio, medio, medio-grande, grande y extra-grande. En algunas técnicas de obturación estos conos no estandarizados son utilizados como conos accesorios durante la compactación.

Con el desarrollo de nuevas técnicas de obturación, especialmente las de compactación vertical caliente, resurgió el interés del cono no estandarizado como cono principal de obturación. Además, con la aparición de las limas mecánicas de Ni-Ti, de conicidad superior a la estándar, y con intención de facilitar y mejorarla obturación radicular, los fabricantes han lanzado al mercado conos de gutapercha con la conicidad idéntica a la última lima apical de diferentes sistemas de limas, adquiriendo estas unas conicidades del 0,04 y 0,06% [Gutmann y Wiherspoon, 1999].

A parte de los conos, la gutapercha puede presentarse en forma de cartuchos, que son utilizados en técnicas de gutapercha termoplastificada, utilizando pistolas eléctricas especialmente diseñadas para calentarla e inyectarla dentro del conducto radicular, que se utilizan bien aisladamente o combinada con otras técnicas de obturación termoplástica. También existen transportadores de gutapercha para termoplastificar.

Resilon. Relativamente reciente, fue “reintroducido” el concepto de adhesión en la endodoncia, como abordaje para aumentar la habilidad de sellado de las obturaciones radiculares. [Leonard y cols, 1996; Manocci y Ferrari, 1998]. Resilon (Resilon Research LLC. Madison, EE.UU.), es un material de obturación radicular basado en polímeros de poliéster (35%), basado en la policaprolactona, que confiere la termoplasticidad al Resilon. Además

contiene vidrio bioactivo, bismuto, oxiclورو y sulfato de bario que son los rellenos radiopacos (65%) [Shipper y cols., 2004]. Su capacidad de ser moldeado deriva de la inclusión de resinas con grupo metacriloxilo bifuncional [Jia y Alpert, 2003]. Conjuntamente se introdujo un sistema adhesivo, Epiphany (Pentron, Sylmar, EE.UU.). Es un sellador a base de resina compuesta dental, de polimerización dual (foto y química), hidrofílico, cuya matriz esta basada en dimetacrilato Bis-GMA (bisphenol-A-glycidyl metacrilato), ethoxylated Bis-GMa, resina uretane dimetacrilato y metacrilatos hidrofílicos disfuncionales [Merdab y cols., 2007]. El relleno esta basado en hidróxido de calcio, sulfato de bario, cristales de bario y sílice, y que corresponde el 70% del sellador [Teixeira y cols., 2004].

El sistema se completa con un primer condicionador de superficies de las paredes destinarías del conducto radicular. Es autograble y contiene ácido sulfónico, HEMA, agua e iniciador de polimerización.

Nuevos materiales. Recientemente Hsien y cols. (2008) presentaron un nuevo material como núcleo de la obturación basado en óxido de cinc-poliuretano y un cemento endodónico basado en diacrilato de uretano. Sus propiedades físicas y térmicas son similares a las de la gutapercha y Resilon, siendo superiores su módulo de elasticidad y su resistencia a la tensión. La combinación del material núcleo y su cemento endodónico mostraron mejor resistencia mecánica que Resilon y Epiphany [Lee y cols., 2011].

- Cementos selladores. Los cementos selladores son los materiales que sirven para unir el material de núcleo entre sí y éste a la pared dentinaria, es decir sellan las interfases existentes en el interior del conducto radicular.

Además de los requisitos básicos estipulados por Grossman para los materiales de obturación, los cementos endodónicos deben de cumplir los siguientes requisitos para ser considerado como sellador ideal [Grossman, 1976]: insoluble, estable dimensionalmente, buena adherencia, un tiempo de trabajo y fraguado satisfactorio y no ser mutagénico ni carcinogénico.

La biocompatibilidad de los cementos selladores es una propiedad básica necesaria para poder favorecer la reparación hística. Los cementos endodóncicos están muy próximos de los tejidos periapicales, haciendo de extrema importancia las propiedades biológicas de esos materiales [Miletic y cols., 2003; Yoshimine y cols., 2003].

En líneas generales, la mayoría de ellos son biocompatibles y bien tolerados por los tejidos perirradiculares. No obstante, presentan diferentes grados de toxicidad cuando están recién mezclados, aunque ésta disminuye tras el fraguado [Langeland 1974], y algunos de ellos se pueden reabsorber cuando entran en contacto con los tejidos y fluidos periapicales [Augsberg y Peters, 1990]. Pero los tejidos periapicales pueden ser afectados si los cementos son demasiado irritantes [Brodin y cols., 1982; Boiesen y Brodin, 1991; Briseño y cols., 2001], causando un proceso inflamatorio persistente que puede llevar a la necrosis del tejido periradicular, perjudicando todo el tratamiento endodóncico [Granchi y cols., 1995]. Por lo tanto, el cemento sellador endodóncico debe ser lo más biocompatible posible y se debe evitar su extrusión apical [Nassri y cols, 2003].

Además de biocompatibles, los cementos endodóncicos deben sellar las interfases entre los materiales de obturación y las de éstos con la pared del canal y poseer la capacidad de penetrar en los conductos accesorios no rellenados por el núcleo sólido [Cobankara y cols., 2006]. La mayoría de los selladores tienen la capacidad de penetrar dentro de pequeños espacios del sistema de conductos radiculares incluyendo los túbulos dentinarios [Ørstavik, 2005]. Cuanto mayor sea su escurrimiento, mayor será su capacidad de penetración en estos espacios [McMichen y cols., 2003; Versiani y cols., 2006]. Esta capacidad se ve aumentada cuando previamente se retira el barrillo dentinario [Lloyd y cols., 1995; Kokkas y cols., 2004]. Su capacidad de penetrar en los túbulos dentinarios puede ser especialmente beneficioso por su acción anti-bacteriana, al bloquear las bacterias remanentes dentro de esos túbulos [Saleh y cols., 2004; Sipert y cols., 2005; Tanomaru-Filho y cols., 2007]. Esta capacidad de adaptación del sellador a la dentina produce un aumento de la superficie de contacto entre los

materiales obturadores y las paredes del conducto, haciendo más eficaz el sellado [De Deus y cols., 2002; De Deus y cols., 2004].

De los selladores disponibles, ninguno satisface los requisitos propuestos por Branstetter y von Fraunhofer (1982), por lo que ciertos investigadores [De Deus y cols., 2002] recomiendan obturar con técnicas que proporcionen una masa de gutapercha más densa y una menor película de cemento, al considerar los selladores como la parte frágil de la obturación. La mayoría de los autores están de acuerdo con Langeland (1974) cuando asegura que la reabsorción de los cementos y pastas endodóncicas se produce sistemáticamente, lo que demostró de una forma exhaustiva mediante pruebas radiográficas. No obstante, continúan representando un elemento imprescindible para evitar la filtración, mejorando la adaptación de la gutapercha a las irregularidades dentinarias. Kazemi y cols. (1993) afirman que la mayoría de los cementos endodóncicos se contraen durante el fraguado, y que éste puede seguir después del endurecimiento. Los huecos así formados proporcionan un ambiente propicio para que las bacterias colonicen y se diseminen hasta alcanzar los tejidos apicales.

Existe una gran variedad de cementos selladores en el mercado, los cuales pueden ser clasificados atendiendo a su composición química [Canalda, 2006]: óxido de zinc y eugenol, hidróxido de calcio, ionómero de vidrio, siliconas, resinas plásticas, resinas hidrofílicas, modificaciones de gutapercha, poliésteres y cementos a base de agregados minerales.

Los cementos selladores a base de resina han sido introducidos en la práctica endodóncica por sus características favorables, como la adhesión a la estructura dentaria, largo tiempo de trabajo, facilidad de manipulación y buen sellado [Dandakis y cols., 2005].

El AH26 (Dentsply, Konstanz, Alemania) es uno de ellos. Fue inicialmente introducido en los Estados Unidos en 1957 [Cohen y cols, 2000]. Es una resina epoxi cuyo tiempo de fraguado era de 24 a 48 horas. Con el paso del tiempo sale al mercado AH Plus (Dentsply, Konstanz, Alemania), una fórmula mejorada del AH26, más biocompatible, que se presenta en forma pasta-pasta y posee un tiempo de trabajo de 4 horas y de fraguado de 8 horas, en vez de las

24-48 horas que tenía su predecesor. AH Plus tiene como componentes principales: resina epoxidiamina, tungsteno cálcico, óxido de circonio y de hierro, aerosil y aceite de silicona. Presenta mejores propiedades físicas, no libera formaldehído de forma considerable y posee óxido de bismuto, sustituyendo el de polvo de plata, evitando así, las discromias dentarias [Miletic y cols, 2003].

Las resinas epoxy poseen una adherencia excelente, pudiéndose reticular con otros materiales (dentina y gutapercha). Además, forman macromoléculas de una apreciable longitud, cuyas cadenas se hallan unidas por fuerzas considerables. Ambas circunstancias confieren al epoxy una gran estabilidad. Esta mejor adherencia a la dentina ha sido corroborada por diferentes trabajos [Pecora y cols., 2001; Lee y cols., 2002; Tagger y cols., 2002; Tagger y cols., 2003].

Esta ventaja inicial, también dificulta su eliminación del conducto radicular [Erdemir y cols., 2003], no obstante, en pruebas realizadas con solventes volátiles como halotano y cloroformo, el cemento resinosos mostró un nivel de solubilidad aceptable [Whitworth y Boursin, 2000].

Kooper y cols. (2003), constataron que, aun pasando 45 días de exposición con la cavidad oral, el AH Plus presentó un menor grado de filtración comparándolo con el Sealer 26 y con el cemento de óxido de zinc-eugenol, a pesar de que todos los cementos presentaron fallos durante el sellado.

## ✦ Técnicas de obturación endodóncicas.

La obturación de los conductos radiculares tiene como finalidad conseguir el sellado tridimensional y hermético del conducto radicular respetando la longitud de trabajo empleada en la instrumentación [Goldberg y cols., 2000; Llena y cols., 2009]. De los trabajos realizados hasta la fecha, no se puede sostener seriamente que alguno de los métodos de obturación en concreto tenga preeminencia absoluta frente al resto.

- **Condensación lateral o condensación en frío.** La técnica de condensación lateral, es la técnica más utilizada por todos los endodoncistas debido a su sencillez, y se utiliza como patrón de referencia para comparar otras técnicas de obturación. La técnica de condensación lateral se enseña y practica en todo el mundo desde hace años [Almenar, 2002].

Una vez secado el conducto con puntas de papel, se selecciona la punta principal de gutapercha que deberá de tener la misma longitud, con respecto al punto de referencia dentario, que la longitud de trabajo empleada en la instrumentación. Por lo general, la punta principal debe coincidir con el calibre de la lima apical maestra.

La introducción del cemento puede ser realizada con una lima mediante rotaciones en sentido anti-horario o con un léntulo. Posteriormente, se introduce la punta principal anteriormente seleccionada. Se crea espacio en el conducto con un espaciador cuyo tope de goma marcará una longitud 1 mm inferior a la longitud de trabajo y se introduce un cono accesorio. Se reintroduce el espaciador siempre entre la pared y las puntas de gutapercha ya insertadas haciendo presión apical y se introducen puntas accesorias hasta considerar que se ha rellenado el tercio apical del conducto. Se corta y condensa la gutapercha coronalmente.

- **Condensación Vertical.** Esta técnica, descrita por Schilder (1967), utiliza gutapercha en pequeños incrementos que son calentados, ablandados y compactados verticalmente dentro del conducto. Para ello se emplean espaciadores de diferentes tamaños que transfieren calor a la gutapercha hasta el relleno total del espacio pulpar.

Posteriormente Buchanam introdujo la técnica de la onda continua. Con un único movimiento conseguía la obturación termoplástica del tercio apical del conducto radicular, de tal forma que optimizaba el tiempo de obturación. La fuente de calor utilizada es el aparato eléctrico System B (Sybronendo, Glendora, EE.UU.), que posee puntas de condensación de diámetros y conicidad variada, que se adaptan a los diferentes formatos de los conductos radiculares. Esta técnica tiene dos fases; la primera o *downpacking* en la cual se termoplastifican un cono de gutapercha intra-conducto asentado a 0,5 mm de la longitud de trabajo, con una punta

condensadora calentada a 200° C, hasta conseguir una profundidad de unos 4 mm menos de la longitud de trabajo. Con esto se consigue la obturación del tercio apical del conducto. La segunda fase o *backfilling*, obtura los tercios medios y coronario del conducto mediante la inyección de gutapercha termoplastificada y compactación vertical en bloques de unos 3 mm.

Según Smith y cols. (2001), la penetración más profunda de calor durante la condensación vertical mejora la obturación tridimensional del conducto y no comporta riesgo de lesión periodontal si el límite apical de la fuente de calor se mantiene a tres mm de la longitud de trabajo.

Buchanan proclama que debería utilizarse los conos maestros de gutapercha con similar conicidad que la del conducto preparado cuando se utiliza la técnica de la onda continua [Buchanan, 1998].

- **Técnica termo-mecánica.** Fue introducida por Mc Spadden (1978). Utiliza unos compactadores (condensador de Mc Spadden) de acero, semejantes a una lima Hedstrom invertida, a una rotación mínima de 8000 rpm. Es una técnica de cono único que plastifica y condensa la gutapercha por el calor producido por el atrito mecánico.

En los años 90, Mac Spadden crea a Multi-Phase (NiTi Co., Chattanooga, EE.UU.), sistema que utiliza dos tipos de gutapercha (una en fase alfa y otra en fase beta) y combina las técnicas termoplástica y termo-mecánica.

- **Inyección de gutapercha termoplástica.** Puesta en uso por Yee y cols. (1977). La gutapercha calentada fuera del conducto radicular se aplica mediante cánulas conectadas a un dispositivo que la inyecta en el conducto. Una vez depositada se condensa apicalmente mediante atacadores.

Esta técnica consigue simplificar el aspecto más difícil de la técnica de Schilder, el *backfilling* o “retro-obturación”, reduciendo considerablemente el tiempo de trabajo. El flujo de la gutapercha es controlado por la temperatura, de tal forma que, a mayor temperatura mayor es el flujo.

Gunyakti y cols. (1989), exponen la necesidad de rellenar los conductos lo mejor posible con gutapercha por la inexistencia de un sellador lo suficientemente eficaz. Esta idea sigue vigente si nos remitimos a la proliferación de selladores comercializados hoy día. Los autores hallaron mayor porcentaje de gutapercha en conductos obturados mediante la inyección de gutapercha termoplástica, en comparación con otros en los que empleaba la condensación lateral.

Su gran dificultad es el control apical, por eso se utiliza para obturar los tercios medios y coronarios en combinación con otras técnicas que obturen previamente el tercio apical. Así esta técnica puede estar indicada, cuando existen conductos muy amplios, en conductos radiculares en forma de C y en dientes con resorciones radiculares internas, donde ha demostrado ser la técnica más indicada [Goldberg y cols., 2000]. Otro problema es la contracción de la gutapercha después de su enfriamiento, por eso se recomienda realizar la técnica de forma incremental.

- **Sistemas transportadores de gutapercha.** Introducido por Johnson (1978), emplea vástagos estandarizados (según las normas ISO) flexibles, de plástico, titanio, acero o gutapercha, recubiertos de gutapercha, desde los tamaños 20 hasta el 140, que se reblandecen mediante calentadores especiales. Recientemente [Alhashimi y cols., 2012] se ha introducido un nuevo vástago de composite basado en polietileno, hidroxiapatita y óxido de estroncio. Una vez plastificado, se introduce el obturador en el conducto radicular recubierto de sellador. Cuando se enfría la gutapercha, y previa comprobación radiográfica, se corta el vástago con una broca del sistema, a nivel cervical y se condensa verticalmente [Glickman, 1996]. Son varios los sistemas que utilizan esta técnica de obturación como son GuttaMaster

(VDW, Múnich, Alemania), GT serie X (Dentsply Maillefer, Baillagues, Suiza), Protaper (Dentsply Maillefer, Baillagues, Suiza), Herofill (Micromega, Bensaçon, Francia) y Soft-Core (CMS Dental, Copenhagen, Holanda). En la actualidad también hay transportadores recubiertos con el material Resilon, RealSeal 1 (SybronEndo, Glendora, EE.UU.).

- **Técnica del cono único.** Es la obliteración completa del conducto radicular mediante un único cono obturador y un sellador. Después de la preparación de los conductos, se pueden obturar de forma más efectiva mediante la utilización de un cono maestro de gutapercha de la misma conicidad que la última lima apical, ya que se obtiene una masa sólida que evita los espacios observados entre múltiples conos; además la obturación mediante la técnica del cono único acelera el proceso [Bal y cols., 2001; Gordon y cols., 2005] y minimiza la presión a las paredes dentinarias debido a la no utilización de espaciadores [Coldero y cols., 2002]. Si durante la preparación del conducto radicular se consigue una forma redonda, podremos conseguir una adecuada obturación con la técnica del cono único a lo largo de toda la longitud del conducto [Hembrough y cols., 2002]. Por otro lado, más de la mitad del conducto radicular es ocupado por sellador cuando es obturado por la técnica del cono único [Wu y cols., 2003]. También se describió que poseían mayores lagunas que las técnicas de condensación lateral o vertical [Wu y cols., 2006].

- **Técnicas mixtas.** Hay varias técnicas que combinan diferentes métodos de obturación, como por ejemplo la combinación de la condensación lateral en frío y la inyección termoplástica. Hsu y Duh (1988), encontraron mejores resultados en el sellado apical cuando combinaron la condensación lateral y la termocompactación que cuando esas técnicas eran utilizadas por separado.

- **Otras técnicas de obturación.** Introducidas por Jasper y utilizadas desde 1930, el empleo de conos de plata como sustitutos de la gutapercha ha caído prácticamente en desuso. Pineda (1994), destaca el alto porcentaje de fracasos a largo plazo cuando lo compara con la gutapercha como material de obturación, además de la poca adaptabilidad de los conos de plata a las paredes del conducto y la dificultad que supone retirarlos del canal cuando es

necesario rehacer la Endodóncia, o disponer de espacio para colocar un poste radicular. Yates y Hembree (1980), demostraron que utilizando gutapercha como material de obturación junto con un sellador, se reducía significativamente la filtración al compararla con los conos de plata y el mismo sellador. Además, la plata se puede corroer con facilidad y sus productos tóxicos pueden producir un daño severo en los tejidos.

Algunos autores destacan la utilidad de técnicas que emplean exclusivamente selladores como materiales dentales para el sellado de los canales radiculares, sin la asistencia de conos de gutapercha. Esta alternativa está recogida en la Norma ISO 6876/1986 y ha sido adoptada por el Comité Europeo de Normalización. Esta norma internacional especifica los requisitos que deben cumplir los materiales empleados para la obturación permanente de los canales radiculares con o sin el apoyo de puntos de obturación. Pues bien, Lussi y cols. (1999) afirman que la técnica no instrumentada es válida para tal fin. Dabas y Dabas (2001), utilizan técnicas de inyección del sellador con dispositivos semejantes a los que se emplean con la gutapercha termoplástica. Ambos sistemas han demostrado, al menos experimentalmente y según los autores antes mencionados, una capacidad de sellado superior al conseguido con la técnica de condensación lateral de la gutapercha.

### **1.3.- PROCEDIMIENTOS PARA EL ESTUDIO DE LA ADAPTACION DE LA OBTURACION A LAS PAREDES DEL CONDUCTO RADICULAR.**

Los experimentos *in vitro* que utilizan dientes humanos exodonciados para ensayar técnicas y comparar materiales es una práctica común en los trabajos de investigación [De Deus y cols., 2008; Ordinola-Zapata y cols., 2009]. Se piensa que los resultados así obtenidos reflejan más fielmente las condiciones clínicas *in vivo* que las derivadas de modelos de trabajo artificiales, porque estos, si bien son adecuados para el adiestramiento, no reproducen exactamente las propiedades de las muestras naturales.

El ámbito de acción de la Endodóncia se nos sustrae a la exploración visual directa en muchas ocasiones; por eso se recurre a pruebas indirectas para la recogida e interpretación de datos: radiográficas [Youngson y cols., 1995]; de filtración bacteriana [Chailertvanitkul y cols., 1996b]; filtración con colorantes [Veiss y cols., 1996], mixta [Magura y cols., 1991]; descalcificación para diafanizar el conducto [Robertson y Leeb, 1982]; secciones y fracturas dentarias [Siqueira y cols., 1997], isótopos radioactivos [Czonstkowsky y Michanowicz, 1985]; espectrometría [LaCombe y cols., 1998], etc. Estas pruebas modifican más o menos drásticamente la estructura de los ejemplares objeto de estudio.

#### **1.3.1.- ESTUDIOS SOBRE LA FILTRACIÓN.**

Se han utilizado diferentes métodos para la evaluación del sellado radicular como son la filtración de tintas [Barbero y cols., 1999], filtración de fluidos [Pommel y Camps, 2001], penetración bacteriana [Chailertvanitkul y cols., 1996b], tinción con isótopos radioactivos

[Haikel y cols., 1999] testes electromecánicos [Von Fraunhofer y cols., 2000] y filtración de glucosa [Xu y cols., 2005].

Uno de los métodos más comunes de estudiar la filtración en los trabajos de investigación es por medio de la tinción, es decir, añadiendo colorantes a la preparación. Para Magura y cols. (1991), los resultados basados en la penetración de colorantes pueden no ser todo lo objetivos que debieran, ya que los colorantes tienen la capacidad de ir “más allá”, que la saliva por ejemplo, merced a sus propiedades intrínsecas de penetración.

### **1.3.2.- ESTUDIOS SOBRE LAS SECCIONES DENTALES.**

Aunque uno de los métodos más comunes de verificar la filtración consiste en medir la penetración de un agente colorante, actualmente no existe una técnica unánimemente aceptada en lo concerniente al estudio y procesamiento de las muestras sometidas a este tipo de análisis. Ciertos autores [Siqueira y cols., 1997] recurren a la sección longitudinal de la raíz dividiendo el diente en dos mitades. Con esta técnica, la filtración sólo es posible analizarla parcialmente, porque permanece una parte del contorno inaccesible a la exploración.

Barthel y cols. (1994) utilizan cortes transversales, lo que les permite estudiar la totalidad del perímetro, sacrificando material en el proceso. Según Harrison y Todd (1980), el riesgo que comporta alterar el sellado, al cortar en rodajas la raíz, es nulo cuando se realiza con instrumental rotatorio a alta velocidad. Las investigaciones de Weston y cols. (1999), confirman los resultados anteriores, e insisten en la importancia que tiene el hacer coincidir el movimiento del disco sobre la superficie dental con la dirección de corte de la pieza de mano para prevenir el estiramiento y desgarramiento de la gutapercha y sellador durante el proceso.

### **1.3.3.- DIAFANIZACIÓN.**

Un tercer método de estudio consiste en diafanizar los dientes mediante descalcificación. Lucena y cols. (2002) comprobaron que el rendimiento del método de estudio elegido para medir la filtración no es el mismo en todas las técnicas objeto de análisis, siendo unas más fiables que otras en demostrar el verdadero alcance de ésta. Según los autores, la diafanización registra más filtración que la observada mediante sección transversal. Asimismo, el trabajo llevado a cabo por Barbero y cols. (1999) destaca la ventaja de la diafanización al compararla con otras dos técnicas (corte y desgaste) aplicadas al estudio de la filtración apical con colorantes. Consideran que el primer método es más exacto y proporciona mayor información sobre la morfología y obturación del conducto, aunque consume más tiempo en la preparación de las muestras. Kuhre y Keessler (1993), alertan sobre las consecuencias que tiene una deshidratación insuficiente en el proceso de diafanización. Estos autores encontraron en la mayor parte de dientes, áreas oscuras en la raíz que dificultaban, aunque no impedían, medir la penetración del colorante.

### **1.3.4.- MICROSCOPIA CONFOCAL.**

La técnica de la microscopia confocal fue creada por Marvin Minsky en 1955, pero se ha incorporado muy lentamente en la investigación dental [Minsky, 1961; Minsky, 1988] apareciendo el primer microscopio confocal funcional en una escuela dentaria solo en 1983 [Boyde y cols., 1985]. Se han escrito varios artículos de revisión acerca del gran potencial que tiene esta técnica aplicada a la odontología, sobre todo en el análisis micro-morfológico de la interfase dentina / adhesivo, con la capacidad de poder observar especímenes en medio húmedo sin vacío [Watson y Boyde, 1991; Watson 1994]. En 1987 Watson y Boyde fueron los

primeros en estudiar el comportamiento de resinas adhesivas en la superficie dentinaria utilizando microscopio confocal de rastreo por láser (MCRL) [Watson y Boyde, 1987]. Desde entonces muchos autores han utilizado esta técnica, aunque siguiendo muy variadas metodologías [Griffiths y Watson, 1995; Grobler y cols., 2000; Pioch y cols., 2003; Rosales y cols., 2007].

Khemaleelakul y cols. (2006), observando el *biofilm* formado por bacterias aisladas de infecciones endodóncicas agudas, percibieron la alta sensibilidad de la microscopia confocal para detectar la agregación bacteriana. Con una adecuada resolución óptica, la microscopia confocal también puede ser utilizada para una mejor comprensión del metabolismo microbiano y la distribución del material nucleico dentro del conducto radicular, así como para una mejor visión de la distribución y viabilidad de los *biofilms* bacterianos. Estas observaciones contribuyen para el esclarecimiento del papel de la terapia endodóncica en la eliminación de las bacterias y de sus productos del interior de los conductos radiculares. Aunque la captura de imágenes de tipo confocal utilizando aumentos de hasta 100X sea relativamente simple, el uso de aumentos mayores produce dificultades técnicas en la obtención de las imágenes, principalmente en obtener el foco adecuado. Este problema fue resuelto mediante la utilización de una pequeña lámina de aceite de inmersión entre la lente y el cuerpo de la prueba, apoyándose en una base de aluminio adaptada para tal propósito. Esta adaptación permitió la adquisición de imágenes de elevada resolución óptica, lo que es indispensable para la búsqueda de bacterias, considerando que la cantidad de fluorocromos absorbidos por estas es muy pequeña, debido a su pequeño tamaño (1 $\mu$ m).

La introducción del MCRL, usado en combinación con colorantes fluorescentes, proporcionó una nueva técnica para la visualización de estructuras de adhesión [Pioch y cols., 1996]. Los colorantes fluorescentes son utilizados como marcadores, que nos ayuda a determinar que tipo de componente de un sistema de adhesión es mayoritariamente responsable de la creación de tapones dentinarios o de la capa híbrida [Pioch y cols., 1997].

Estos colorantes fluorescentes o fluorocromos absorben luz en un determinado rango de longitud de onda (excitación) y la re-emiten a un rango de menor energía y mayor longitud de onda (emisión). Este proceso conocido como fluorescencia, es definido como la luminiscencia cuya luz, dentro del espectro visible es emitida por una sustancia, a consecuencia de una estimulación o excitación de alta energía, por una radiación de baja longitud de onda [Johnson, 1998]. La fluorescencia solo ocurre durante la excitación, diferente de la fosforescencia, en la cual la luz continúa siendo emitida después de cesar el estímulo. La fluorescencia es cíclica y los compuestos fluorescentes pueden ser excitados y detectados repetidamente (fotoblanqueamiento) [Wolf, 2003].

El factor que describe la eficacia de un fluorocromo en absorber la luz excitada y su habilidad de reradiar los fotones absorbidos como fluorescentes es definida como el coeficiente de excitación molar [So y cols., 2000]. El fluorocromo rodamina B, por ejemplo tiene un alto coeficiente de excitación molar, produciendo una muy fuerte indicación visual incluso en bajas concentraciones. Por otro lado, los colorantes activados en la región del espectro azul, incluso con alta energía de luz ultravioleta, presentan un bajo coeficiente de excitación molar, produciendo una señal débil para su detección.

La energía liberada de un fluorocromo representa la ratio de fotones emitidos y absorbidos, y representa la habilidad de un fluorocromo en convertir la luz absorbida en luz fluorescente emitida. Otro factor importante de los fluorocromos es su sensibilidad en producir fotoblanqueamiento, con lo que se produce la destrucción química del colorante por exposición a la radiación. El estado químico del fluorocromo se altera y el colorante puede perder su capacidad de fluorescencia, convirtiéndose con el paso del tiempo, en un marcador de identificación menos útil.

La técnica de MCRL utiliza una combinación de recursos de microscopía óptica junto a principios físico-químicos e informáticos para la adquisición y el procesado de las imágenes. El sistema utiliza una fuente de láser para promover la excitación de los fluoróforos. Los haces de luz láser pueden difundirse a través de la dentina, esmalte y *biofilms*, detectando su

estructura interior y formando diferentes imágenes en 2 dimensiones (2D) [Kagayama y cols., 1999]. Todas las imágenes en 2D pueden superponerse y construir fotografías en 3 dimensiones (3D). El uso de fluoróforos en biología se realiza para localizar un área específica de una muestra. Estos marcadores fluorescentes se adicionan para detectar e identificar microorganismos, así como para determinar aspectos fisiológicos, como la actividad de enzimas intracelulares, además de poder diferenciar microorganismos Gram-positivos de los Gram-negativos o determinar su vitalidad.

Los agentes fluorescentes han sido utilizados desde hace 40 años en diferentes áreas de la investigación dentaria, en el estudio de diferentes aspectos como la microfiltración [Corona y cols., 2001; Dibb y cols., 2002] y / o adaptación de las restauraciones adhesivas a las paredes cavitarias [Jacobsen y Finger, 1993], características y estructura de capa híbrida de las restauraciones adhesivas [Griffiths y Watson, 1995] o la morfología interfacial entre diferentes tipos de materiales restauradores [Grobler y cols., 2000]. Mediante el uso del microscopio en el modo de reflexión, las diferentes estructuras dentarias como la dentina, el esmalte y diferentes materiales dentarios pueden distinguirse por su reflexión individual [Pioch y cols., 2001]. También la capacidad de sellar los túbulos por los sistemas de adhesión pueden ser evaluados usando la penetración de las moléculas fluorescentes dentro de las microporosidades en dirección de la pulpa. Los fluorocromos también son usados para analizar la integridad cavo-superficial de las restauraciones (microfiltración) frente a fluidos externos, usando microscopio de luz convencional a bajo aumento.

Según Hilton (2002), los resultados de los tests de microfiltración pueden ser influenciados por el colorante utilizado, su pH y tamaño de sus moléculas, entre otros factores. Como la permeabilidad es inversamente proporcional al tamaño y peso molecular del colorante, algunos investigadores creen que la microfiltración *in vitro* sobreestima la cantidad de filtración que ocurrirá clínicamente [Hilton, 2002]. Incluso para la rodamina B que ha sido el colorante más utilizado en los estudios de microfiltración, no hay acuerdo en su concentración, tipo de solvente así como el tiempo de inmersión [Kohara y cols., 2002; Dibb y cols., 2002].

La rodamina B está formada por moléculas indisociadas, eléctricamente neutras, que son insolubles en agua y extremadamente solubles en componentes orgánicos [Pioch, 1997], pudiendo ser agregada a estos componentes para la visualización de su estructura, usando MCRL. La rodamina B es el fluorocromo más utilizado para estas diferentes aplicaciones [Dálpino y cols., 2006]. Este compuesto es excitado mediante luz verde (540 nm) y emite en color rojo (590 nm). Es efectiva en muy baja concentración, es moderadamente lábil, se mueve libremente a través de la interface de adhesión y es detectada de forma fácil por el microscopio cuando se utilizan los filtros adecuados. El compuesto es estable bajo varias condiciones de pH. Este fluorocromo se consigue en 13 diferentes modificaciones con una amplia variedad de propiedades físicas y químicas [Dörfer y cols., 2000].

Por el contrario, la fluoresceína (isotiocianato) es soluble en agua, y es activada por luz azul (495 nm) y emite luz amarillo/verdosa (520 nm). Al contrario de la rodamina B, la emisión de la fluoresceína disminuye mucho en medios ácidos debido a su mayor labilidad. El agua dentro de los túbulos dentinarios hace que la distribución de este producto sea de una forma no homogénea debido a su bajo peso molecular. Para conseguir una fluorescencia homogénea, la fluoresceína puede ser conjugada con un polisacárido (Dextrano) reduciendo la indeseada permeabilidad del colorante con una distribución más uniforme de la sustancia en el tejido, minimizando las falsas lecturas. El diacetato de fluoresceína es un colorante celular no fluorescente, permeable, que se convierte en fluoresceína por las esterasas intracelulares producidas por los microorganismos metabólicamente activos [Netuschil y cols., 1998; Zaura-Arite y cols., 2001; Auschill y cols., 2005; Hanning y cols., 2007].

Otro colorante fluorescente es el naranja de acridina. Este colorante es utilizado comúnmente como marcador de ácidos nucleicos en células vivas o fijadas. El colorante se une al RNA bacteriano emitiendo fluorescencia roja, y uniéndose al DNA bacteriano emite fluorescencia verde [Mason y Lloyd, 1997; Rapposch y cols., 2000]. Diversos autores han descrito que esta información permite evaluar el metabolismo bacteriano, debido a que las bacterias en fase logarítmica emiten fluorescencia roja y las que están en fase estacionaria emiten fluorescencia verde [Kepner y Pratt, 1994; George y cols., 2005; Vitkov y cols., 2005]. Los

fluorocromos son compuestos baratos, no tóxicos y fáciles de adquirir; permitiendo su uso de una forma sencilla tanto en la clínica como en la investigación de laboratorio.

La aplicación de varios colorantes fluorescentes, usando el modo de fluorescencia dual, ha sido sugerida para investigar la distribución del *primer* y del adhesivo dentro de la capa híbrida, túbulos dentinarios [Watson, 1989] y para el análisis de nanofiltración [Dàlpino y cols., 2006]. Marcando ambos componentes con dos tintas fluorescentes diferentes pueden ser visualizados varios modos de distribución dentro del conducto radicular. El uso concomitante de dos fluoróforos ha sido utilizados en diferentes estudios con microscopio confocal para diferenciación de diferentes componentes adhesivos [Dàlpino y cols., 2006; Llambés, 2009].

Para visualizar la presencia de un fluorocromo, se utiliza un haz de luz de alta energía para excitar el compuesto haciendo visible la imagen del objeto a estudio sobre un fondo negro [Diaspro y Robello, 2000]. Las imágenes convencionales de microscopio de luz fluorescente, conocidos como de epifluorescencia, se han convertido en una de las técnicas microscópicas más comunes en la investigación biológica [White y cols., 1987]. Pero el mayor inconveniente de la epifluorescencia son las señales producidas por estructuras fuera de los planos focales produciendo un fondo viscoso que degrada la calidad de la imagen. El MCRL rechaza el ruido fuera de foco y proporciona mayor resolución que las imágenes convencionales [White y cols., 1987]. Así, esta metodología constituye una herramienta importante para proporcionar informaciones sobre la habilidad que los materiales pueden presentar en relación a la capacidad de adaptación a las paredes del conducto o de penetración en el interior de los túbulos dentinarios.

## 1.4.- JUSTIFICACIÓN.

La obturación endodóncica tridimensional consiste en el relleno completo del sistema de conductos radiculares con materiales biocompatibles y capaces de sellar sus extremos, impidiendo la filtración y favoreciendo la regeneración tisular. La correcta obturación es una condición fundamental para conseguir el éxito en nuestro tratamiento endodóncico. Muchos parámetros anatómicos y consideraciones clínicas influyen en el resultado, incluyendo la morfología de la raíz, la anatomía interna del espacio pulpar, las técnicas y materiales empleados durante la limpieza y configuración, así como en la obturación, las condiciones inherentes al paciente y la habilidad del operador. Actualmente no hay ni material ni técnica que selle de forma predecible el sistema de conductos radiculares [Saunders y Saunders, 1994].

La habilidad de adaptación por parte del material de obturación a las paredes del conducto radicular es considerado como un aspecto positivo y relevante en la prevención de la re-infección de los túbulos dentinarios y del propio conducto radicular [Weis y cols, 2004].

Acompañando la aparición de los sistemas de limas mecánicas de Ni-Ti con conicidades superiores a la estándar, y con la intención de reducir la microfiltración [Perez Heredia y cols, 2007] y de conseguir una mejor adaptación, los fabricantes han lanzado al mercado conos de gutapercha con la conicidad idéntica a la última lima apical, adquiriendo estas unas conicidades del 0,04 y 0,06% [Gutmann y Wiherspoon, 1999].

Desde el principio fuimos creados para unirnos a lo perfecto. Este es el motor que nos impulsa en el camino en busca de la Verdad. Los estudios sobre la capacidad de sellado en la obturación endodóncica no alcanzan conclusiones firmes que otorguen la primacía a un método, técnica o material. Son escasos los trabajos que valoran la influencia de la conicidad

de la gutapercha en la adaptación del material de obturación al utilizar diferentes técnicas. Basados en los antecedentes anteriormente citados, hemos planteado los objetivos de este trabajo de tesis doctoral que se describen a continuación.

## **1.5.- OBJETIVOS**

### **1.25.1.- OBJETIVO GENERAL**

Analizar las interfases entre la dentina y los materiales de obturación en dientes obturados con conos de gutapercha de diferente conicidad utilizando tres técnicas de obturación.

### **1.5.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Medir el porcentaje de adaptación perimetral y la profundidad máxima de penetración del material de obturación en los túbulos dentinarios, en los tercios coronario, medio y apical de los especímenes obturados con los siguientes materiales y con las técnicas que se enumeran a continuación:

- Conos de gutapercha de conicidad normalizada mediante la técnica de condensación lateral.
- Conos de gutapercha de conicidad aumentada mediante la técnica de condensación lateral.
- Conos de gutapercha de conicidad normalizada mediante la técnica de obturación mixta.
- Conos de gutapercha de conicidad aumentada mediante la técnica de obturación mixta.

- Conos de gutapercha de conicidad normalizada mediante la técnica de onda continua con gutapercha inyectada.

- Conos de gutapercha de conicidad aumentada mediante la técnica de la onda continua con gutapercha inyectada.

2- Comparar los resultados proporcionados por los distintos procedimientos de obturación estudiados, en cuanto a la interfase dentina / material de obturación.



**2**

# **METODOLOGÍA**

Se analizó la adaptación del cemento endodónico, marcado con un fluorocromo, a las paredes de los conductos radiculares y su penetración en los túbulos dentinarios. La observación se hizo sobre dientes previamente extraídos, cuyos conductos fueron instrumentados con el sistema de limas endodónicas Mtwo y después obturados con tres técnicas de obturación (condensación lateral, técnica mixta y por onda continua) utilizando puntas de gutapercha de conicidad normalizada y aumentada.

## **2.1.- BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA**

La revisión de la literatura científica relacionada con esta tesis se ha llevado a cabo consultando fuentes secundarias y, sobre todo, fuentes primarias, las cuales se buscaron en PUBMED / MEDLINE, a través de las siguientes descriptores: *tapered gutta-percha, confocal laser scanning microscope, dentinal tubules penetration, endodontic obturation, endodontic sealers, sealer/dentin interface*. La búsqueda se hizo con un límite temporal de 7 años y sin límite lingüístico. Se descartaron los artículos no relacionados con el tema y aquellos sin resumen en inglés. A partir del material encontrado se revisaron otras fuentes citadas en los artículos relacionados.

## **2.2.- MUESTRA.**

### **2.2.1.- TAMAÑO.**

60 conductos radiculares, procedentes de dientes humanos en los que estaba indicada su extracción (patología cariosa, patología periodontal, tratamiento ortodóncico, dientes incluidos). Tras la extracción, los dientes fueron almacenados en una solución de nitrato de sodio al 0,2%.

### **2.2.2.- CRITERIOS DE INCLUSIÓN.**

Dientes humanos permanentes uni o multirradiculares.

Conductos con morfología tipo I de Wein (un único conducto desde la cámara pulpar hasta el ápice radicular).

Ápice maduro.

Conducto permeable en toda su longitud.

### **2.2.3.- CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.**

Defectos morfológicos o estructurales.

Resorciones radiculares.

Conductos calcificados.

### **2.2.4.- FORMACIÓN DE GRUPOS.**

Los elementos muestrales ( $n=60$ ) fueron asignados, de forma aleatoria, a un grupos ( $n_i=10$ ); según se muestra en la tabla nº 1.

GRUPO	NÚMERO DE CONDUCTOS	TÉCNICA DE OBTURACIÓN/ CONICIDAD GUTAPERCHA
1	10	CONDENSACIÓN LATERAL/ CONICIDAD NORMALIZADA
2	10	CONDENSACIÓN LATERAL/ CONICIDAD AUMENTADA
3	10	MIXTA/ CONICIDAD NORMALIZADA
4	10	MIXTA/ CONICIDAD AUMENTADA
5	10	ONDA CONTINUA/ CONICIDAD NORMALIZADA
6	10	ONDA CONTINUA/ CONICIDAD AUMENTADA

Tabla nº 1: Grupos de estudio (n=10) según la técnica de obturación y la conicidad de la gutapercha.

## 2.3.- MATERIAL.

### 2.3.1.- PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.

- Las raíces fueron limpiadas con ultrasonidos (Satelec Acteon Group, Merignac, Francia), punta Satelec-Suprasson número 1 (Satelec Acteon Group, Merignac, Francia) y cureteadas con una cureta periodontal 1/2 para dientes anteriores (Hu Friedy, Illinois, EE.UU.).
- Los dientes fueron radiografiados con el aparato de rayos X KodaK 2100 (Kodak Dental Systems, Atlanta, EE.UU.) utilizando un sensor digital Trophy RVG Ultimate 6100 (Kodak Dental Systems, Atlanta, EE.UU.). Las imágenes se almacenaron con el *software* de imágenes dentales Kodak (Kodak Dental Systems, Atlanta, EE.UU.).

- Los dientes fueron seccionados con un disco diamantado 910P (Drewdel-Zweilinf, Berlin, Alemania) montado en una pieza de mano Kavo INTRA matic LUX 2 (Kavo, Biberach, Alemania).

### **2.3.2.- INSTRUMENTACIÓN**

- Los conductos fueron localizados y permeabilizados con limas K flexofile del número 10 (Dentsply Maillefer, Baillagues, Suiza) y con la ayuda del lubricante SlickGel ES (SybronEndo Company, Orange, EE.UU.).
- Los conductos fueron instrumentados utilizando el sistema de limas rotatorias de níquel-titanio Mtwo (VDW, Múnich, Alemania). Se utilizó un contra ángulo 16:1 para el motor X-Smart (Dentsply Maillefer, Baillagues, Suiza) junto con un motor eléctrico X-Smart (Dentsply Maillefer, Baillagues, Suiza).
- Los conductos fueron irrigados por una aguja Mirajet Endo-Luer de 0,5-40 mm. (Hager werken, Duisburg, Alemania), con hipoclorito de sodio al 5,25% (hecho en el laboratorio de la facultad), EDTA al 17% (hecho en el laboratorio de la facultad) y suero fisiológico (CINa 0,9%) (B. Braun Medical, Queluz de Baixo, Portugal).
- Los conductos fueron secados con chorro de aire y conos de papel (VDW, Múnich, Alemania).

### **2.3.3.- OBTURACIÓN.**

- El cemento endodóncico utilizado fue el AHPlus (Dentsply, Konstanz, Alemania), que fue mezclado con una espátula de manipulación (Bomtempi, Milan, Italia) sobre una placa de vidrio.
- El cemento sellador fue pigmentado por el fluorocromo rodamina B ( $C_{28}H_{31}ClN_2O_3$ ) (Sigma-Aldrich, St. Louis, EE.UU.).
- La aplicación del sellador fue realizada con un léntulo nº 35 (Zipperer-VDW, Múnich, Alemania).

- Los conductos radiculares fueron obturados con gutapercha normalizada de conicidad 0,02% (VDW, Múnich, Alemania), gutapercha Mtwo de conicidad aumentada con 35 / 0,04% (VDW, Múnich, Alemania) y cartuchos de gutapercha *Elements* (SybronEndo, Glendora, EE.UU.). Fue precisa la ayuda de espaciadores digitales de níquel-titanio de los números 20 y 30 (Dentsply Maillefer, Baillagues, Suiza), atacadores de Buchanan (SybronEndo Company, Glendora, EE.UU.) y con el sistema de obturación EOU (*Elements Obturation Unit*) (SybronEndo Company, Glendora, EE.UU.).

#### **2.3.4. PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES.**

- La preparación de los especímenes fue realizada en el laboratorio de biomateriais perteneciente al CIEM (Centro de Investigação Egas Moniz) del ISCSEM (Instituto Superior Ciências da Saúde Egas Moniz) en Monte da Caparica, Portugal.

- Los especímenes se colocaron en una estufa Memmert BE 500 (Memmert, Heilbronn, Alemania) para el fraguado del cemento sellador.

- Las raíces fueron incluidas en bloques de resina Epofix hardener (Struers, Ballerup, Dinamarca)

- Las raíces se seccionaron con el microtomo Isomet, (Isomet, Buehler, EE.UU.)

- Las secciones obtenidas fueron pegadas con Entellan (Merck, Danmstadt, Alemania), sobre un portaobjetos.

- Los especímenes fueron pulidos con discos Sof-Lex (3M ESPE, Seefeld, Alemania).

#### **2.3.5. ANÁLISIS MICROSCÓPICO Y OBTENCIÓN DE IMÁGENES.**

- Los especímenes fueron analizados con un microscopio confocal láser invertido Leica TCS SP2 (Leica Microsystems, Mannheim, Alemania), en el laboratorio de Microscopia Confocal del Servicio de Apoyo a la Investigación de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universitat de València, España.

- Las imágenes fueron obtenidas y analizadas usando el programa informático Leica Confocal Software (Leica Microsystems, Heidelberg, Alemania) versión 2.6 Build 1538 Lcs Lite. y el programa Image J (Rasband WS, ImageJ; US National Institute of Health, Bethesda, EE.UU.).

## **2.4.- METODOS.**

### **2.4.1.- MANIOBRAS PREVIAS.**

Para el estudio fueron utilizados 60 conductos radiculares pertenecientes a dientes humanos previamente exodonciados, que cumplían con los criterios de inclusión-exclusión previamente establecidos. Los dientes fueron almacenados en una solución de nitrato de sodio al 0,2%, donde fueron mantenidos hasta 2 días antes de su manipulación. Posteriormente, fueron lavados con agua corriente y mantenidos en suero fisiológico hasta el momento de su uso.

Se realizaron dos radiografías digitales con el aparato de rayos X Kodak 2100 sobre el sensor digital Trophy RVG Ultimate 6100 a cada diente (Figuras 1 y 2) para verificar la existencia de un único conducto, mediante dos proyecciones vestibulo-lingual y mesiodistal. Las imágenes fueron visualizadas y almacenadas en un *software* de imágenes dentales. Los dientes cuyos conductos no fueron visibles radiográficamente fueron desechados.

Figura 1: proyección radiográfica vestibulo-lingual.

Figura 2: proyección radiográfica mesio-distal.

Para normalizar las muestras, se midieron 12 mm desde el ápice de cada raíz. Se seccionaron las raíces a esa altura, perpendicularmente a su eje mayor y utilizando un disco diamantado con refrigeración continua con agua. Después de ser limpiadas con ultrasonidos y cureteados, las raíces fueron inmersas en una solución de hipoclorito de sodio al 6% durante 15 minutos para remover material orgánico que hubiese quedado en la superficie de las raíces [Gharib y cols., 2007].

#### **2.4.2.- INSTRUMENTACIÓN.**

Para explorar y reconocer la anatomía interna de los conductos se utilizó una lima K-10 Flexofile que fue introducida en cada uno de los conductos, utilizando SlickGel ES como lubricante. Cuando la punta de la lima fue visible en el foramen apical, el tope de goma fue ajustado al borde de la raíz y esa longitud fue medida. La longitud de trabajo se estableció substrayendo 0,5 mm a esa medida.

Los conductos fueron instrumentados mediante la técnica simultánea, utilizando el sistema de limas rotatorias de níquel-titanio (Figura 3) Mtwo. Se utilizó una pieza de mano con una reducción del 16:1 junto con un motor eléctrico a 280 rpm. Cada lima fue usada con el torque recomendado por el fabricante:

lima nº 10/0.4 a 120 g.cm (1,2 N.cm)

lima nº 15/0.5 a 130 g.cm (1,3 N.cm)

lima nº 20/0.6 a 210 g.cm (2,1 N.cm)

lima nº 25/0.6 a 230 g.cm (2,3 N.cm)

lima nº 30/0.5 a 125 g.cm (1,2 N.cm)

lima nº 35/0.4 a 120 g.cm (1,2 N.cm)

Figura 3: Limas del sistema rotatorio Mtwo.

La secuencia utilizada fue la siguiente:

- 1 Lima Mtwo 10, de conicidad 0,04%
- 2 Lima Mtwo 15, de conicidad 0,05%
- 3 Lima Mtwo 20, de conicidad 0,06%
- 4 Lima Mtwo 25, de conicidad 0,06%
- 5 Lima Mtwo 30, de conicidad 0,05%
- 6 Lima Mtwo 35, de conicidad 0,04%

Todas las limas fueron utilizadas a la longitud de trabajo. La permeabilidad del foramen apical fue mantenida pasando una lima K de calibre nº 10 entre cada lima del sistema Mtwo. Se utilizó un juego de limas para cada grupo de estudio, y la preparación fue realizada por un único operador.

Durante la instrumentación y tras el empleo de cada lima, los conductos fueron irrigados con 1,8 ml. de hipoclorito de sodio al 5,25%. Acabada la instrumentación, fueron irrigados con EDTA al 17%, el cual se dejó actuar dentro de los conductos durante 3 minutos, al cabo de los cuales se irrigó de nuevo con hipoclorito de sodio al 5,25% y con una última irrigación con 5 mml de suero fisiológico (CINa 0,9%). Los conductos fueron secados con chorro de aire, comprobando con conos de papel la ausencia de humedad en los conductos. Después de la preparación y antes de la obturación, los especímenes fueron mantenidos en una gasa con suero salino.

### **2.4.3.- OBTURACIÓN.**

Las raíces instrumentadas fueron divididas aleatoriamente en 6 grupos experimentales de 10 ejemplares cada uno. El cemento endodónico utilizado en todos los grupos fue el AHPlus que fue mezclado con la ayuda de una espátula de manipulación sobre una placa de vidrio, añadiéndose en ese momento la rodamina B a una concentración del 0,1% [Pioch y cols., 1998]. Este colorante es un fluorocromo que permite su reconocimiento por el microscopio confocal láser, ofreciendo una imagen de color rojo. La aplicación del sellador fue realizada con un léntulo nº 35, dejado a 3 mm del ápice y girando a 300 rpm. Inmediatamente antes de la obturación, el cono principal de gutapercha seleccionado fue adaptado apicalmente, de tal forma que encajase a la longitud de trabajo correcta y resistiese a un leve tirón.

Los conductos fueron distribuidos de la forma siguiente:

Grupo I. Los 10 conductos radiculares fueron obturados con gutapercha de conicidad normalizada mediante la técnica de condensación lateral. Un cono de gutapercha 35 de 0,02% de conicidad fue insertado dentro del conducto hasta la longitud de trabajo haciendo una presión firme en sentido apical. Se introdujo un espaciador digital de níquel-titanio del número 20 a 1 mm menos de la longitud de trabajo para compactar lateralmente y crear espacio para poder insertar un cono accesorio de gutapercha del nº 15, operación que se repitió hasta que el espaciador digital entrase solamente en el tercio coronario del conducto. Un instrumento metálico caliente fue utilizado para remover el exceso de gutapercha coronario y posteriormente compactada verticalmente con un condensador de Buchanan.

Grupo II. Los 10 conductos radiculares fueron obturados con gutapercha de conicidad aumentada (0,04%), correspondiente con el último número y conicidad de lima usada en la preparación del conducto, mediante la técnica de obturación descrita en el grupo anterior.

Grupo III. Los 10 conductos radiculares fueron obturados con gutapercha de conicidad normalizada mediante una técnica de obturación mixta: Tras la inserción de una punta de gutapercha, se introdujo un espaciador digital de níquel-titanio del número 30 para compactar lateralmente y crear espacio, el cual fue rellenado con gutapercha termoplastificada que fue inyectada por el terminal correspondiente (Figura 4) del sistema de obturación EOU. Posteriormente se condensó verticalmente con un condensador de Buchanan. Se repitió sucesivamente la condensación lateral, la inyección termoplástica y la condensación vertical hasta obturar completamente el conducto.

Figura 4: Sistema de obturación termoplástico EOU.

Grup IV. Los 10 conductos radiculares fueron obturados con gutapercha de conicidad aumentada (0,04%), coincidiendo con el último número y conicidad de la lima usada en la preparación del conducto y utilizando la técnica de obturación mixta descrita en el grupo anterior.

Grupo V. Los 10 conductos radiculares fueron obturados con gutapercha de conicidad normalizada mediante una técnica de condensación vertical por onda continua con inyección

termoplástica. Tras la inserción de una punta de gutapercha normalizada adaptada a 1 mm. menos de la longitud de trabajo, previa inserción del cemento endodóncico, se introdujo la punta correspondiente del sistema de obturación EOU calentada a 200° C y a una profundidad de 3 mm. menos que la longitud de trabajo. Una vez obturado el tercio apical, los otros dos tercios fueron obturados mediante la inyección de gutapercha termoplastificada con la punta correspondiente del sistema obturador EOU intercalando una condensación vertical manual con un atacador de Buchanan entre ambos tercios y al final de la obturación.

Grupo VI. Los 10 conductos radiculares fueron obturados con gutapercha de conicidad aumentada (0,04%), coincidiendo con el último número y conicidad de la lima usada en la preparación del conducto y utilizando la técnica de obturación de la condensación vertical por onda continua con inyección termoplástica descrita en el grupo anterior.

Tras las obturaciones se tomaron dos proyecciones radiográficas (Figuras 5 y 6) a cada raíz (vestíbulo-lingual y mesio-distal) para verificar su correcta obturación.

Figura 5: proyección radiográfica mesiodistal de espécimen del grupo II.

Figura 6: proyección radiográfica vestibulo-lingual de espécimen del grupo II.

#### 2.4.4.- PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES.

Posteriormente los especímenes se colocaron en una estufa Memmert BE 500 a 37°C al 100% de humedad durante 3 días, para asegurar un perfecto fraguado del cemento endodónico.

Las raíces fueron incluidas en bloques de resina para facilitar su manipulación. Se seccionaron transversalmente con microtomo (Figura 7) Isomet, con un espesor de 1 mm, a baja velocidad (200 rpm) con refrigeración constante en las marcas realizadas a los 3, 7 y 10 mm del ápice de cada una de las 60 raíces (Figura 8)



Figura nº 7: microtomo.

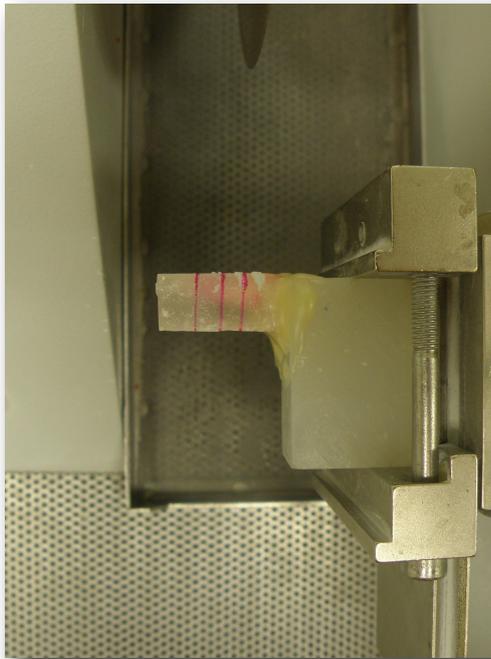


Figura 8: espécimen incluido en bloque de resina y con marcas a los 3, 7 y 10 mm del ápice para su corte con el microtomo.

Las secciones obtenidas fueron lavadas con agua destilada y secadas con suaves chorros de aire. Seguidamente, fueron pegadas con Entellan sobre un portaobjetos (Figura 9) para su posterior observación. En cada vidrio se colocaron las tres secciones correspondientes a un solo espécimen. Antes de la observación de los especímenes, estos fueron secuencialmente pulidos con discos de pulimento Sof-Lex de granulometría decreciente (3M ESPE, Seefeld, Alemania) bajo irrigación constante.

Figura 9: Cortes apical, medio y coronario del espécimen nº6 del grupo IV, montados en un porta-objetos.

#### **2.4.5. OBSERVACIÓN.**

Los especímenes fueron analizados con un microscopio confocal láser invertido (Figura 10) Leica TCS SP2 bajo excitación de un láser de Ar/HeNe (543 nm), a 40x. Los rangos de longitudes de onda de absorción y de emisión de la rodamina B fueron entre 554 nm y 649 nm. Las imágenes fueron obtenidas y analizadas usando el programa informático Leica Confocal Software, siendo posteriormente archivadas. A cada imagen se le realizaron 10 cortes de un espesor de 4 $\mu$ m. El tamaño de las imágenes obtenidas fue de 1024  $\times$  1024 píxeles.



Figura 10: Microscopio confocal de láser invertido.

#### **2.4.6.- CRITERIOS DE EVALUACIÓN.**

Las mediciones fueron hechas siempre por el mismo observador, habiendo sido registradas y calculadas las siguientes informaciones

##### **2.4.6.1.- La máxima penetración tubular de cemento en cada espécimen.**

Para analizar la penetración del cemento endodóncico dentro de los túbulos dentinarios se utilizó el programa Leica Confocal Software. Se utilizó la herramienta distancia para medir la extensión de penetración del cemento entre dos puntos (Fig. 11), siendo la referencia inicial la pared del conducto y el final el punto de penetración más distante en dirección a la superficie externa radicular. Estas medidas fueron tomadas de forma lineal y expresadas en micrómetros. Los valores fueron debidamente tabulados y evaluados estadísticamente, como se describirá en la sección correspondiente.

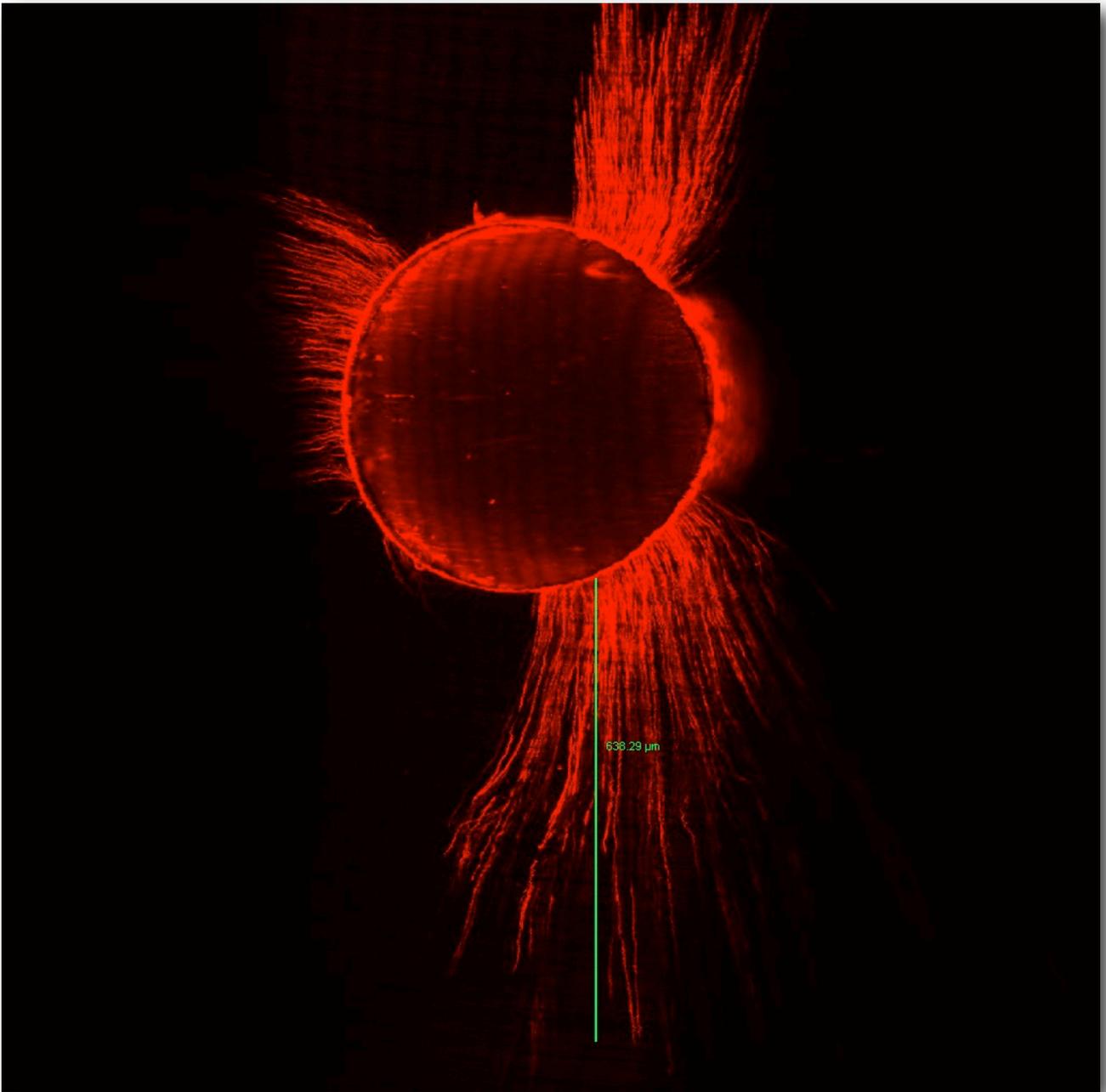


Figura 11- Medición de la máxima penetración tubular: 638,29μm.

#### **2.4.6.2.- El porcentaje de perímetro (%) del conducto con penetración tubular del cemento.**

Para el análisis de la adaptación del cemento endodóntico, se utilizó la herramienta “área” del programa image J para diseñar el perímetro de los conductos obturados. Primero, se midió el perímetro total de cada conducto (Fig. 12). Posteriormente, se midió la región correctamente adaptada a la pared del conducto (Fig. 13), considerada como la zona en la que se observa penetración de cemento endodóntico en los túbulos dentinarios. Las regiones que presentaban espacios vacíos o ausencia de penetración del cemento sellador en los túbulos dentinarios, fueron consideradas zonas sin adaptación. Se calculó qué porcentaje del perímetro total representaba la zona asociada a penetración tubular del cemento.

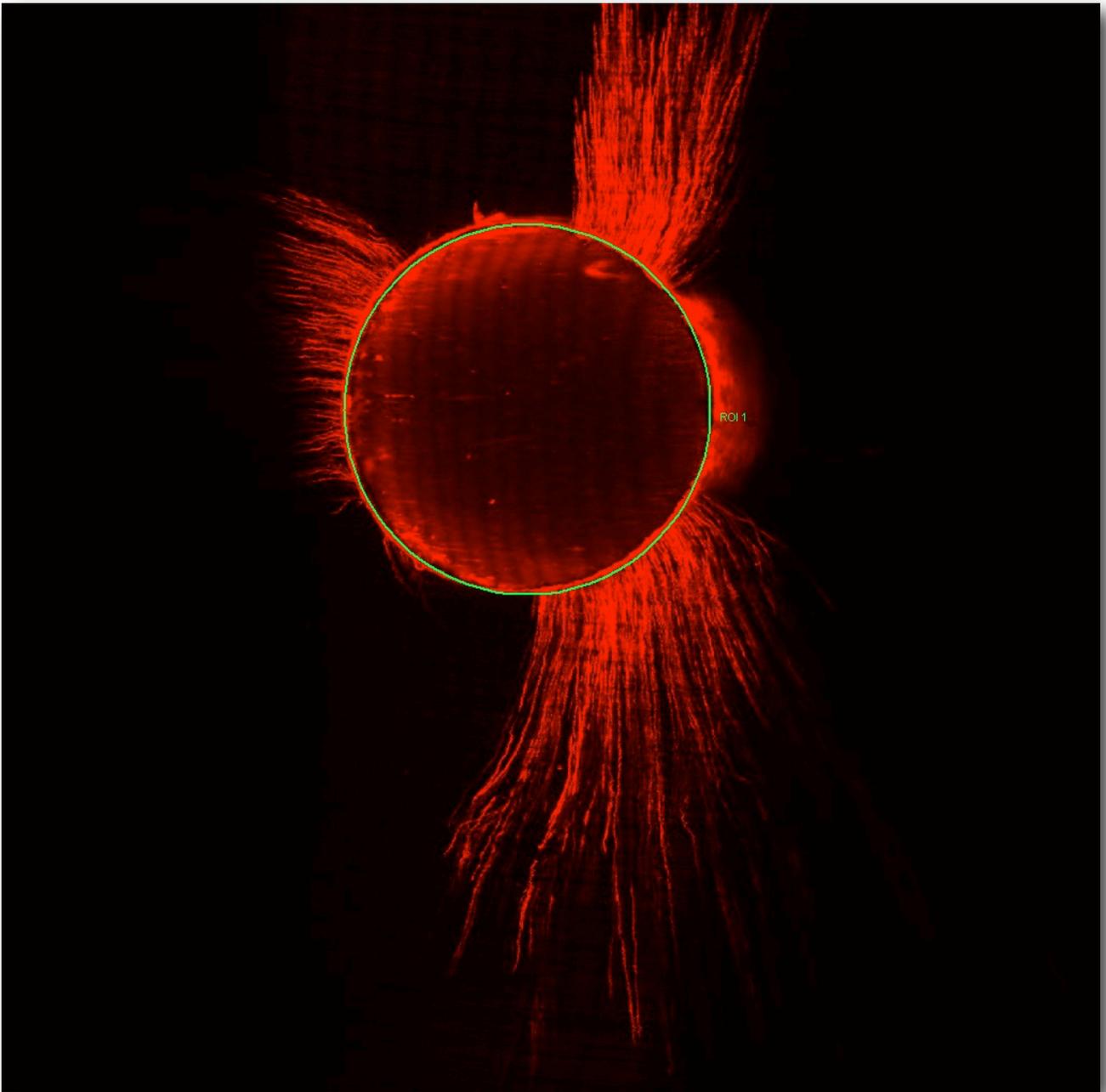


Figura 12 – Medición del perímetro total del conducto 1590,79  $\mu\text{m}$ .

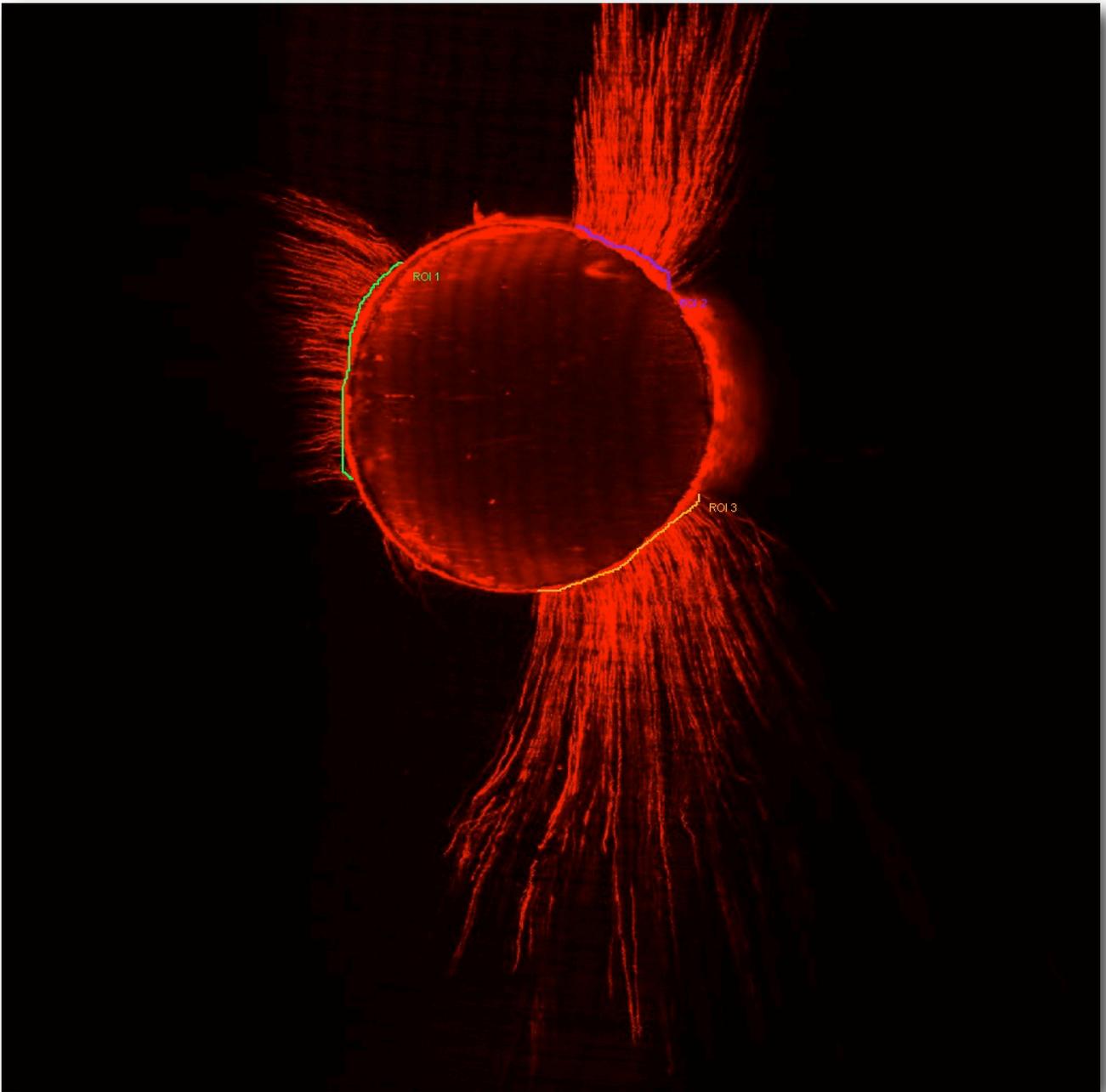


Figura 13- Medición de la superficie del conducto con penetración: 837,06  $\mu\text{m}$ .

## 2.5- ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron introducidos en la base de datos del paquete estadístico SPSS 17.0. (Statistical Package for the Social Sciences) (IBM, Armonk, EE.UU.) Se calcularon los valores medios de penetración del colorante en el interior de los túbulos dentinarios medida en  $\mu\text{m}$  y el perímetro de conducto en el que se apreciaba penetración dentro de los túbulos medido en  $\mu\text{m}$ , para cada grupo y para cada tercio. Los valores medios de penetración y perímetro en el que existía penetración se compararon por grupos dentro de cada tercio y por tercios dentro de cada grupo, mediante el test ANOVA, utilizando para la comparación dos a dos la prueba de Tukey. Se consideró un valor de significación de  $p < 0,05$ .

**3**

**RESULTADOS Y  
DESARROLLO  
ARGUMENTAL**

### 3.1.- ANÁLISIS POR GRUPOS.

Se calculó la penetración media de material de obturación en los túbulos dentinarios en los tres niveles analizados en micrómetros y el porcentaje medio de espacio ocupado por el material de obturación en los tres niveles estudiados para cada grupo.

Como se puede apreciar en la tabla 2, el grupo que presentó la máxima penetración de material de obturación en los túbulos dentinarios fue el grupo 4 (Figura nº 14), obturado con técnica mixta y gutapercha de conicidad aumentada, mostrando un valor de 1184,94  $\mu\text{m}$ , seguido de los obturados con onda continua y conicidad aumentada (1014,08  $\mu\text{m}$ ), mientras que el que presento la mínima penetración fue el grupo 2 (figura nº 15), obturado con técnica de condensación lateral con gutapercha de conicidad aumentada, alcanzando un valor de 771,92  $\mu\text{m}$ . No obstante, las diferencias entre los grupos no fueron estadísticamente significativas.

Técnica	Media ( $\mu\text{m}$ )	DS	Intervalo confianza para la media al 95%	
			Limite inferior	Limite superior
CL + GCN	1064,54	526,4	867,99	1216,09
CL + GCA	771,92	485,6	590,59	953,24
Mixta + GCN	1103,63	676,8	850,9	1356,36
Mixta + GCA	1184,94	709,1	920,15	1449,73
Onda continua + GCN	906,38	756,3	623,98	1188,77
Onda continua + GCA	1014,08	655,2	769,4	1258,75
Total (180 secciones)	1007,58	647,6	912,33	1102,83

Tabla 2: Penetración tubular media del material de obturación en cada grupo en  $\mu\text{m}$ . Su desviación estándar (DS) e intervalos de confianza para la media. CL: -condensación lateral; GCN: -gutapercha de conicidad normalizada; GCA: -gutapercha de conicidad aumentada. n= 30 especímenes por grupo.

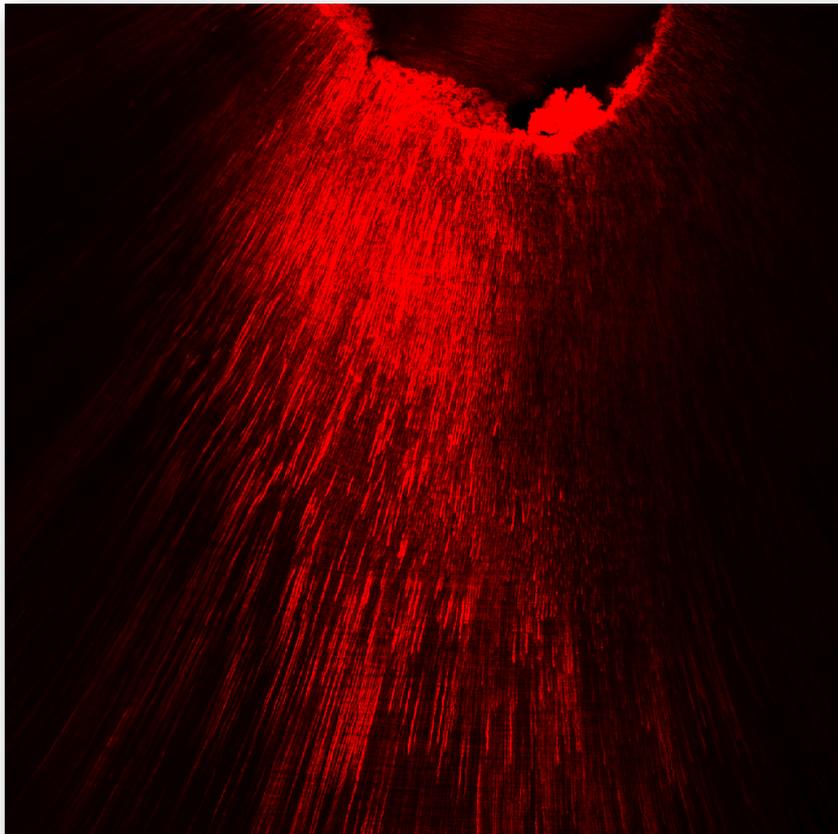


Figura 14: Sección media del espécimen nº 4 del grupo IV.

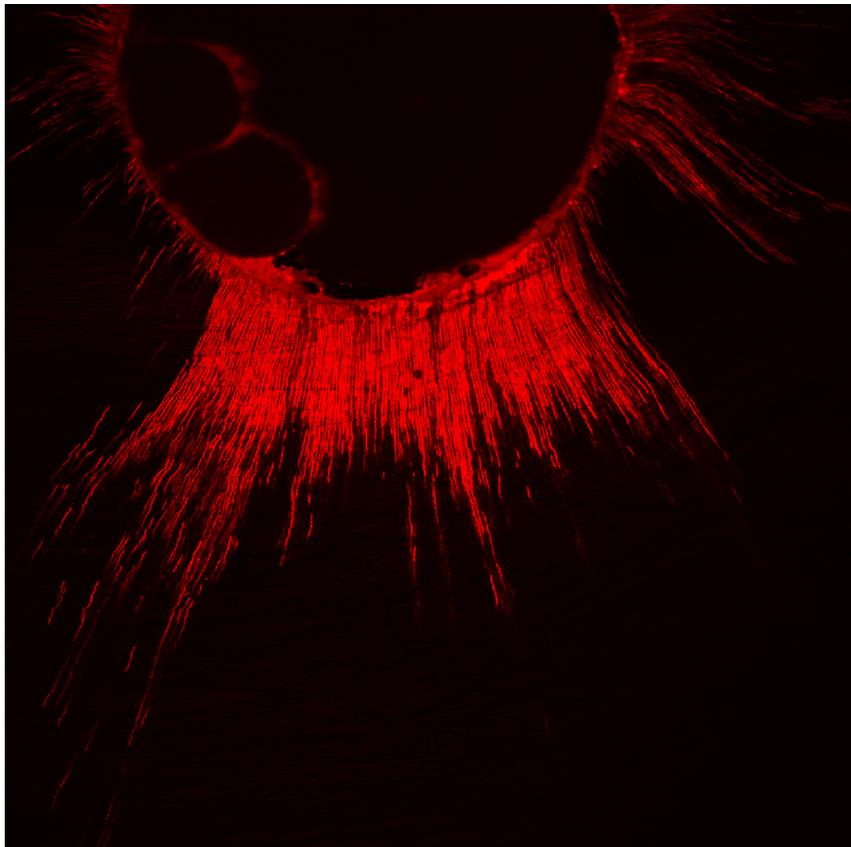
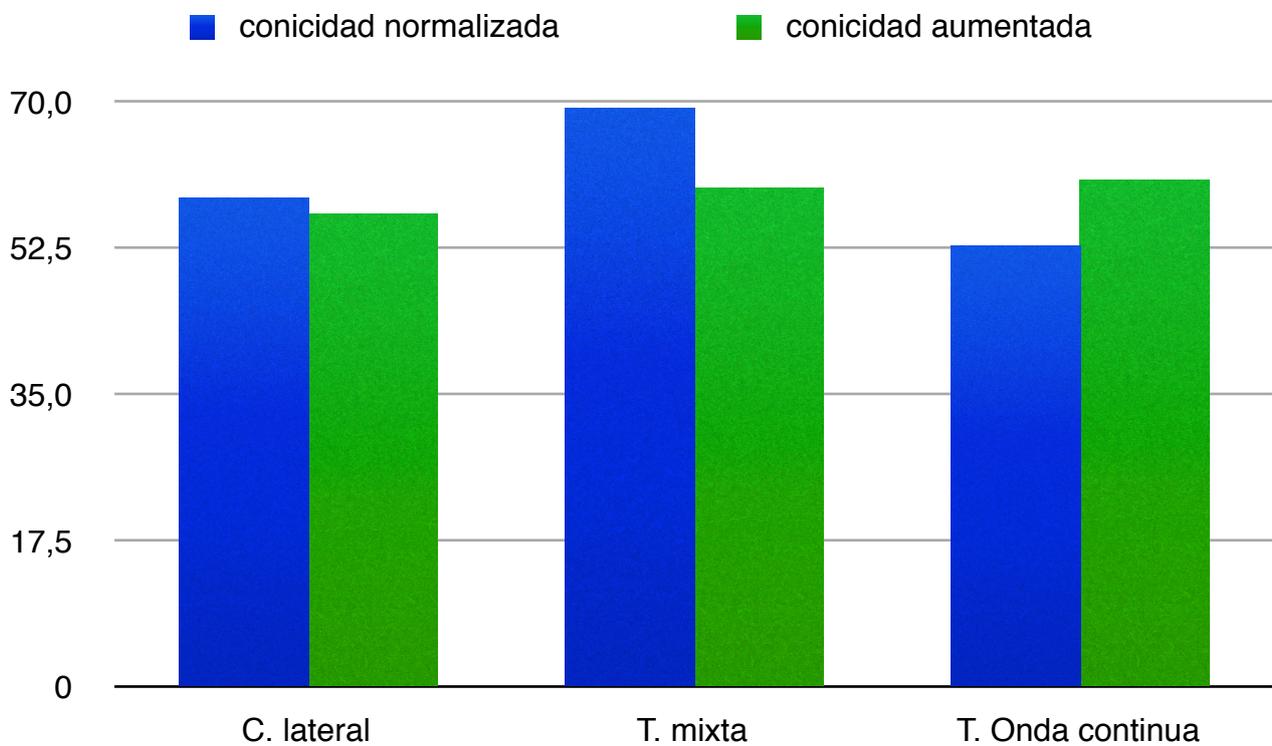


Figura 15: Sección media del espécimen nº 2 del grupo II.

Respecto al porcentaje del perímetro penetrado (Gráfica 1), el grupo que alcanzó un porcentaje más elevado fue el grupo 3, técnica mixta con gutapercha de conicidad normalizada (Figura 16), con un valor del 69,27%, siendo el grupo 5, técnica de la onda continua con gutapercha de conicidad normalizada (Figura 17), quien rellenó un porcentaje menor del perímetro del conducto radicular con un valor del 52,67%. Entre los grupos no se evidenció significación estadística.



Gráfica 1: Porcentaje del perímetro ocupado por el material de obturación en cada grupo.

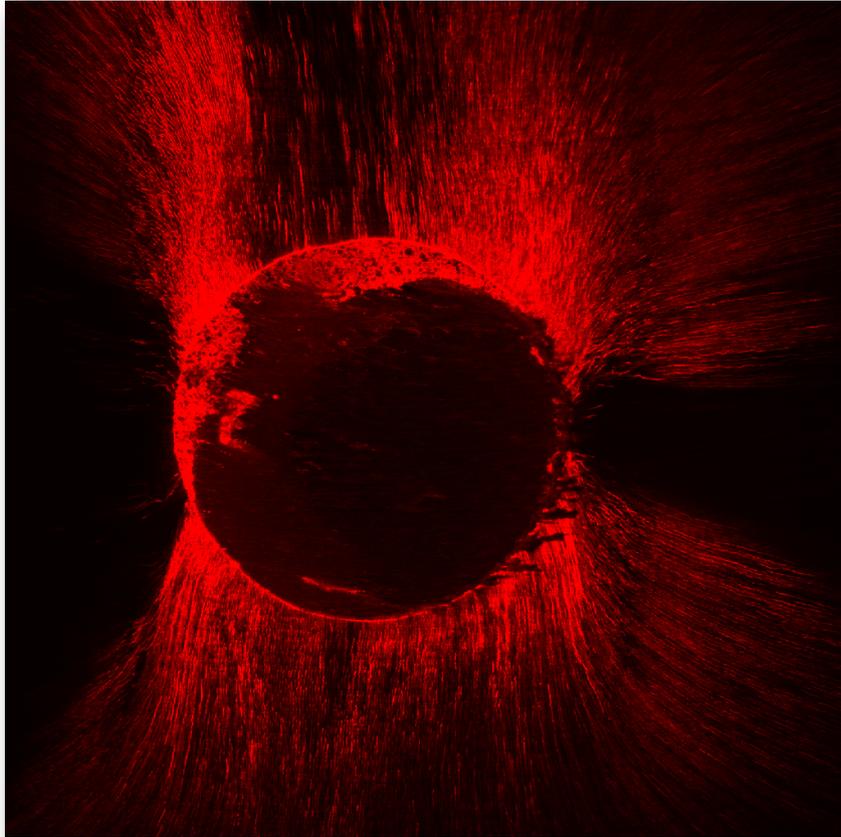


Figura 16: Sección Media del espécimen nº 7 del grupo III.

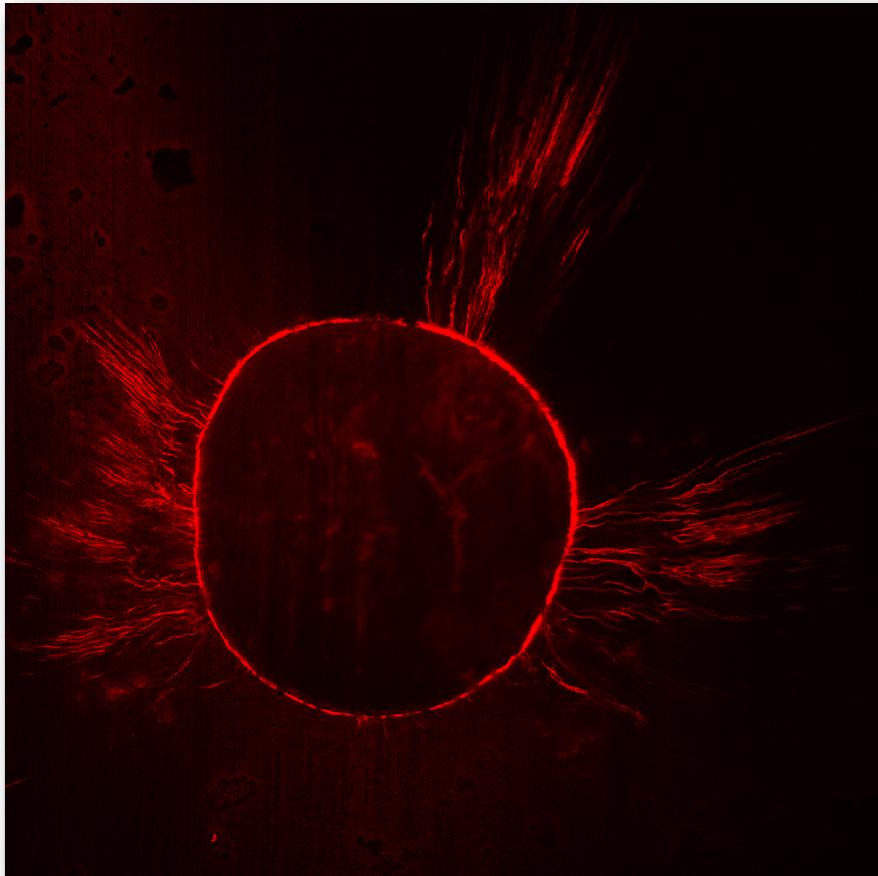


Figura 17: Sección Media del espécimen nº 1 del grupo V.

### 3.2.- ANÁLISIS POR TERCIOS RADICULARES.

Se calculó la penetración media de material de obturación, en los túbulos dentinarios en micrómetros y el porcentaje de espacio ocupado por material de obturación en cada tercio radicular (coronal, medio y apical).

En la tabla 3 se muestra como el tercio coronal, utilizando gutapercha de conicidad aumentada, se obtuvo la máxima penetración con la técnica mixta, 1632,87µm. seguida de la técnica de onda continua 1402,76 µm. En el tercio medio los máximos valores de penetración se obtuvieron para la técnica mixta de obturación con gutapercha de conicidad aumentada (1451,99 µm). En el tercio apical, la técnica mixta con gutapercha de conicidad normalizada fue la que proporcionó mayor capacidad de penetración en los túbulos dentinarios con un valor de 745,47 µm. seguido de la técnica de condensación lateral con gutapercha de conicidad normalizada con un valor de 711,43 µm.

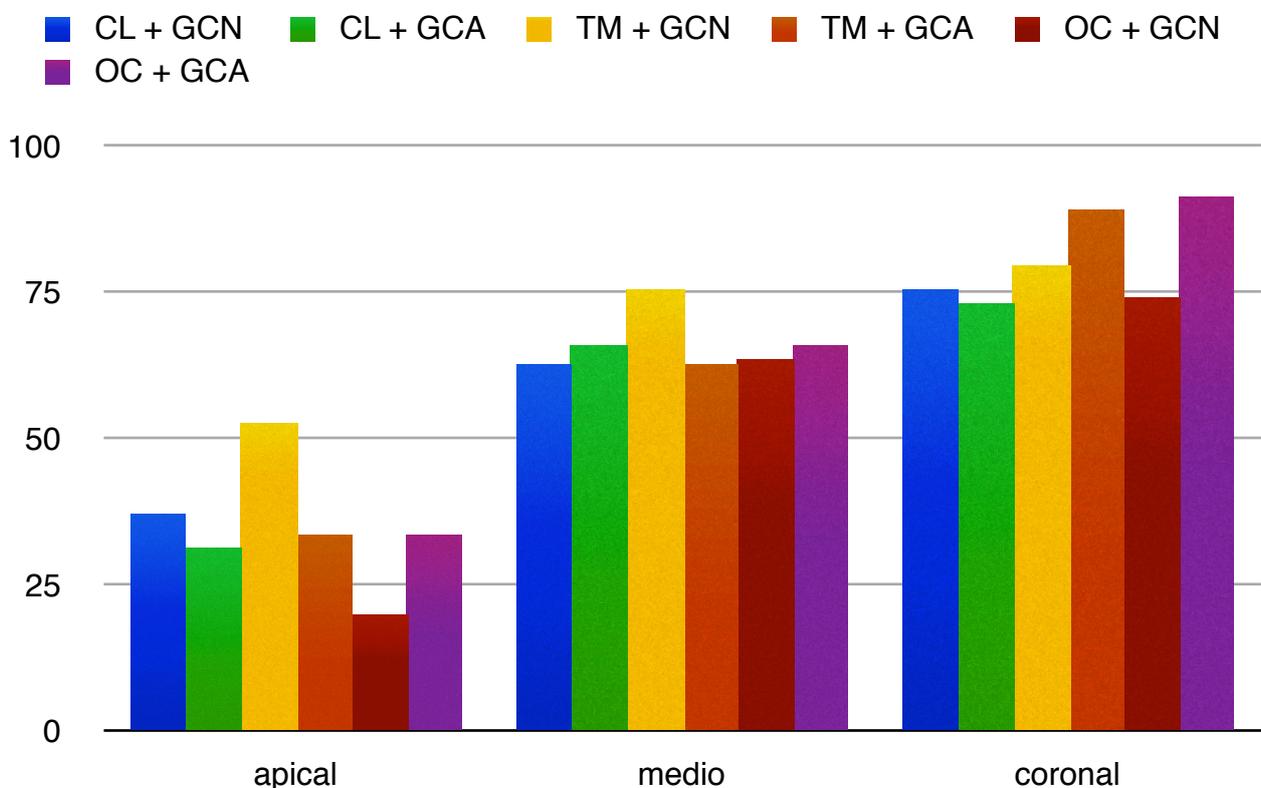
La diferencia entre los grupos, dentro de cada tercio, no mostraron significación estadística.

Técnica	Media (µm)	DS	Intervalos de confianza	
			superior	inferior
Tercio coronario				
CL + GCN	1294,54	450,07	972,58	1616,51
CL + GCA	875,52	461,49	545,39	1205,66
Mixta + GCN	1170,69	796,04	601,24	1740,15
Mixta + GCA	1632,87	585,78	1213,82	2051,91
Onda continua + GCN	1271,92	678,35	786,66	1757,19
Onda continua + GCA	1402,76	514	1035,06	1770,45
Total	1274,72	613,45	1116,25	1433,19

<b>Técnica</b>	<b>Media (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>DS</b>	<b>Intervalos de confianza superior inferior</b>	
<b>Tercio medio</b>				
CL + GCN	1187,65	552,74	792,24	1583,06
CL + GCA	777,96	449,51	456,39	1099,52
Mixta + GCN	1394,74	506,21	1032,61	1756,86
Mixta + GCA	1451,99	394,77	1169,58	1734,4
Onda continua + GCN	1202,53	756,1	661,65	1743,42
Onda continua + GCA	1152,05	666,03	675,6	1628,5
Total	1194,49	585,6	1043,21	1345,76
<b>Tercio apical</b>				
CL + GCN	711,43	412,88	416,07	1006,79
CL + GCA	662,27	565,19	257,96	1066,59
Mixta + GCN	745,47	586,89	325,63	1165,31
Mixta + GCA	469,96	501,11	111,48	828,43
Onda continua + GCN	244,68	280,45	44,06	445,3
Onda continua + GCA	487,43	422,45	185,22	789,63
Total	553,54	485,14	428,21	678,87

Tabla 3: Penetración tubular media del material de obturación en cada tercio y grupo en  $\mu\text{m}$ . y su desviación estándar (DS), e intervalo de confianza para la media. CL: -condensación lateral; GCN: -gutapercha de conicidad normalizada; GNA: gutapercha de conicidad aumentada. n= 10 especímenes para cada grupo y tercio evaluados.

En cuanto al porcentaje medio del perímetro con penetración del material de obturación dentro de cada tercio, tampoco se encontraron diferencias significativas por grupos, obteniéndose el máximo perímetro obturado en el tercio coronal utilizando onda continua y gutapercha de conicidad aumentada (91,38%) y en los tercios medios y apical con la técnica mixta y gutapercha de conicidad aumentada (75,48%) y en los tercios medios y apical con la técnica mixta y gutapercha de conicidad normalizada, 75,48% y 52,80% respectivamente, tal como se aprecia en la gráfica 2.



Gráfica 2: Porcentaje del perímetro medio ocupado por el material de obturación por tercios en cada grupo. CL: condensación lateral; GCN: gutapercha de conicidad normalizada; GCA: gutapercha de conicidad aumentada; TM: técnica mixta; OC: onda continua.

### 3.3.- ANÁLISIS POR TERCIOS RADICULARES EN CADA GRUPO.

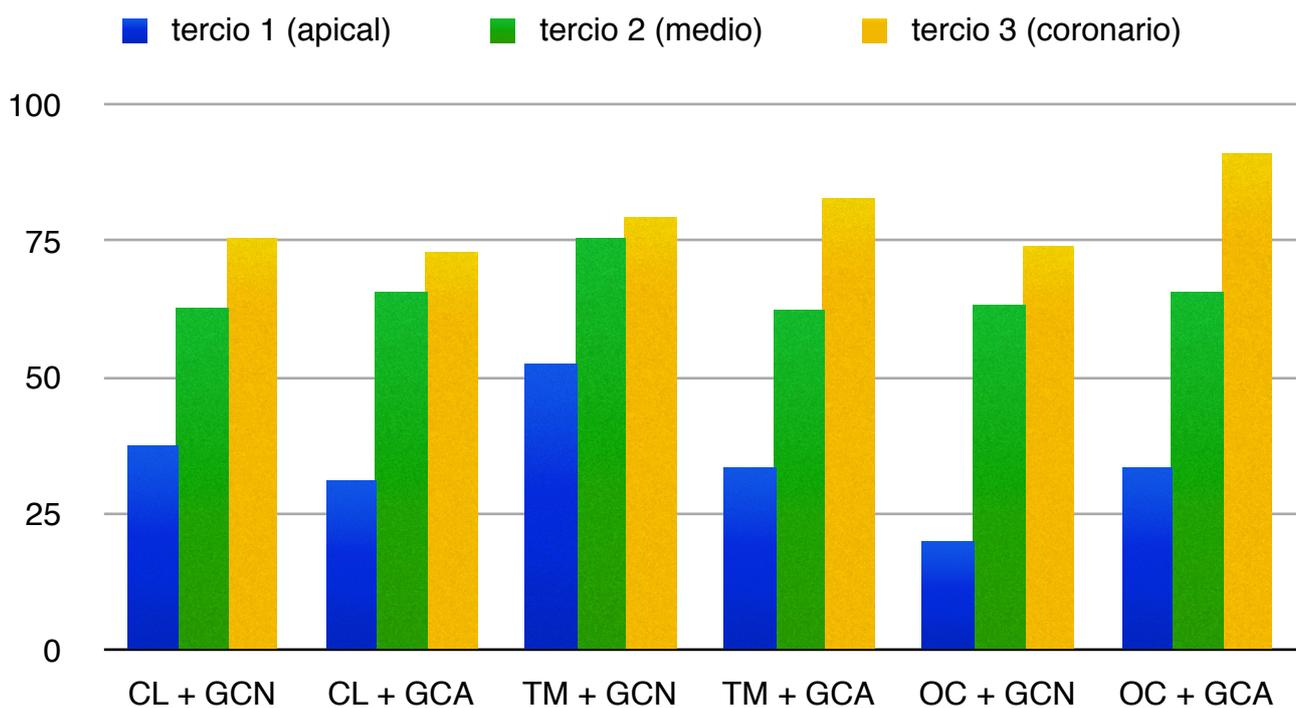
Dentro de cada grupo de dientes obturados con condensación lateral y gutapercha de conicidad normalizada, se encontraron diferencias significativas en los valores medios de penetración tubular para el tercio coronal y apical (1294,54 y 711,65  $\mu\text{m}$ . respectivamente). En los grupos obturados con la técnica de condensación lateral y gutapercha de conicidad aumentada y técnica mixta con gutapercha de conicidad normalizada, no se encontraron diferencias significativas por tercios. En el resto de los grupos, la penetración en el tercio medio y coronal no se mostró significativamente diferente, mientras que en el tercio apical fue significativamente inferior que en los tercios medio y coronal, como puede apreciarse en la tabla 4.

Técnica	Tercios	Media ( $\mu\text{m}$ )	DS	Intervalo confianza	
				Límite inferior	límite superior
CL + GCN	Apical	711,43*	412,88	416,07	1006,79
	Medio	1187,65	552,74	792,24	1583,06
	Coronal	1294,54*	450,07	972,58	1616,51
CL + GCA	Apical	662,27	565,19	257,96	1066,59
	2 Medio	777,96	449,51	456,39	1583,06
	Coronal	875,52	461,49	545,39	1205,66
MIXTA + GCN	Apical	745,47	586,89	325,63	1165,31 0,17
	Medio	1394,74	506,21	1032,61	1756,86
	Coronal	1170,69	796,04	601,24	1740,15
MIXTA + GCA	Apical	469,96**	501,11	111,48	828,43 0,17
	2 Medio	1451,99**	394,77	1169,58	1734,4
	Coronal	1632,87*	585,78	1213,82	2051,91

Técnica	Tercios	Media (µm)	DS	Intervalo confianza	
OC + GCN	Apical	244,68**	280,45	44,06	445,3 0,17
	2 Medio	1202,53**	756,1	661,65	1743,2
	Coronal	1271,92*	678,35	786,66	1757,19
OC + GCA	Apical	487,43**	422,45	185,22	789,63 0,17
	2 Medio	1152,05**	666,03	675,6	1628,5
	Coronal	1402,76*	514	1035,06	1770,45

Tabla 4: Penetración tubular media del material obturador en cada grupo por tercios en µm. y desviación estándar (DS) (n=10 para cada tercio). CL: condensación lateral; GCN: gutapercha de conicidad normalizada; GCA: gutapercha de conicidad aumentada. n=10 especímenes por tercio y grupo (los tercios con los mismos \* son significativamente diferentes).

Respecto a los porcentajes de perímetro del conducto obturado, los resultados se muestran en la gráfica 3. En el grupo obturado con condensación lateral y gutapercha de conicidad normalizada, el perímetro del tercio apical fue significativamente menor que el del coronal ( $p=0,05$ ) (Figuras 18 y 19). En el grupo obturados con condensación lateral y gutapercha de conicidad aumentada, en el obturado con técnica mixta y gutapercha de conicidad aumentada y en el obturado con onda continua y gutapercha de conicidad normalizada, el perímetro de penetración del tercio apical fue significativamente inferior que en los tercios medios y coronal. En las muestras obturadas con técnica mixta y gutapercha de conicidad normalizada, no se hallaron diferencias significativas entre los tercios para el porcentaje de perímetro obturado. En el grupo obturado con onda continua y gutapercha de conicidad aumentada, las diferencias fueron estadísticamente significativas entre los tres tercios (Figuras 20-22).



Gráfica 3: porcentaje del perímetro medio ocupado por el material de obturación por tercios en cada grupo. CL: condensación lateral; GCN: gutapercha de conicidad normalizada; GCA: gutapercha de conicidad aumentada; TM: técnica mixta; OC: onda continua.

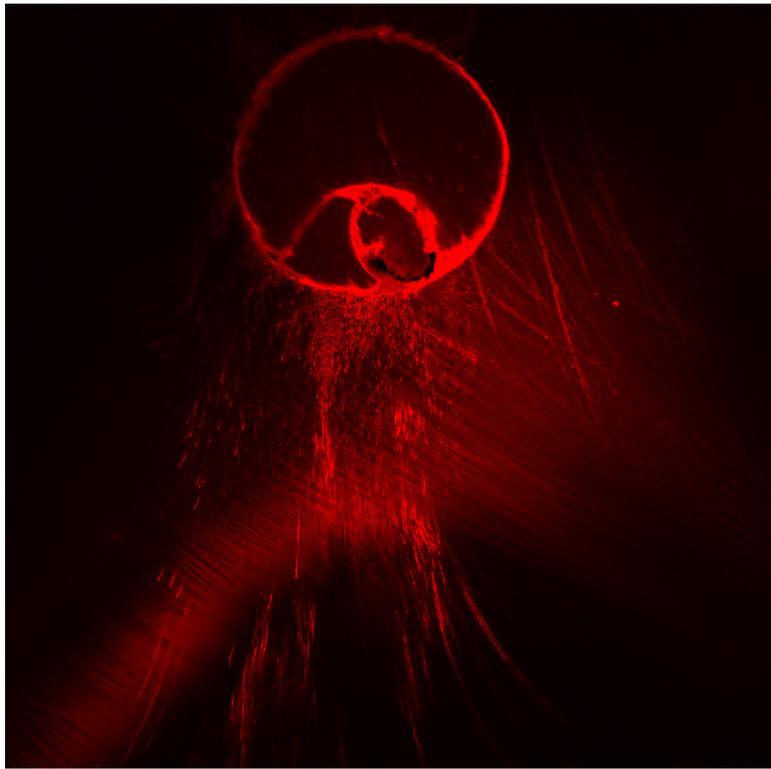


Figura 18: Sección Apical del espécimen 2 del grupo I.

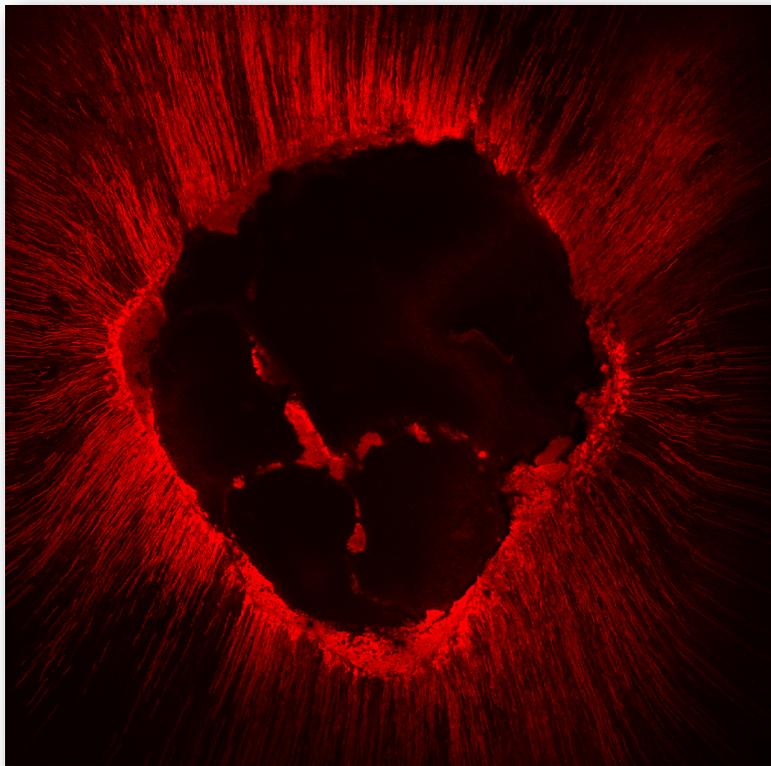


Figura 19: Sección coronal del espécimen 2 del grupo I.

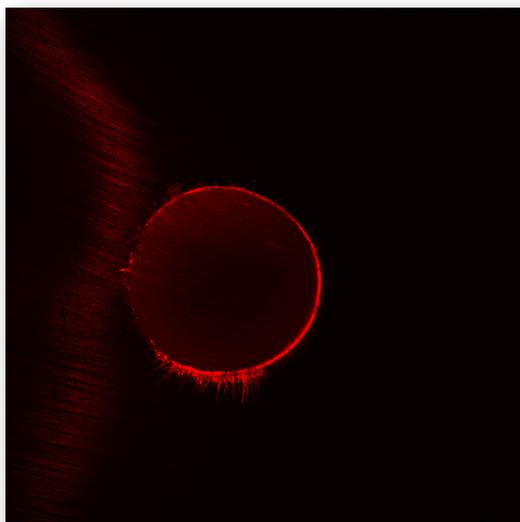


Figura 20: Sección apical del espécimen 3 del grupo VI.

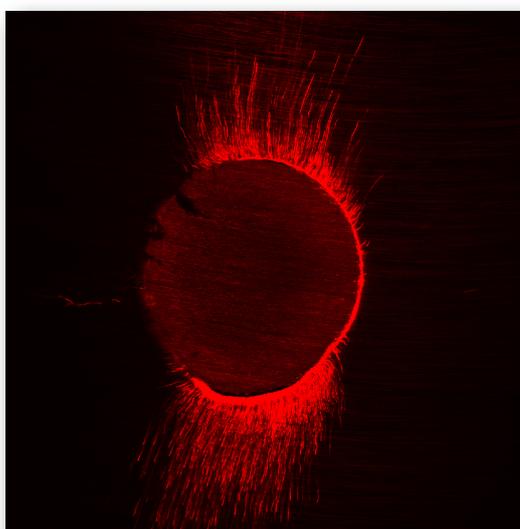


Figura 21: Sección media del espécimen 3 del grupo VI.

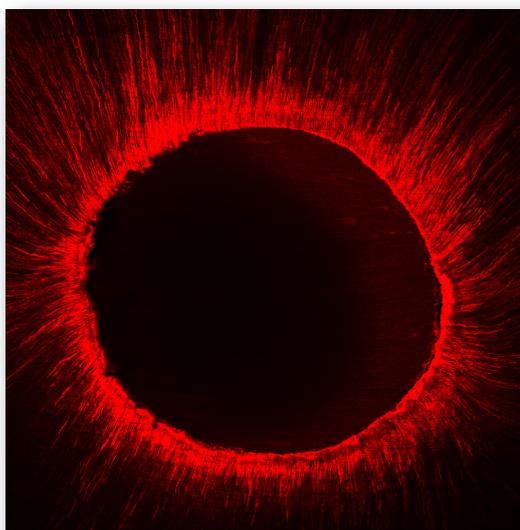


Figura 22: Sección coronaria del espécimen 3 del grupo VI.

### 3.4.- DISCUSIÓN SOBRE LA METODOLOGÍA.

En nuestro estudio se utilizaron dientes humanos extraídos; aunque son más difíciles de conseguir, su uso está muy extendido y aceptado en los estudios de adaptación del material obturador endodóncico. Con anterioridad, muchos trabajos que estudiaban la capacidad de sellado de los conductos radiculares fueron realizados con dientes humanos extraídos [Clinton y Himel, 2001; Wu y Cols., 2001; Wu y cols., 2002; De Deus y cols., 2006; Damasceno y cols., 2008].

Los dientes extraídos fueron posteriormente almacenados en una solución de nitrato de sodio al 0,2%. El nitrato de sodio es un conservante comúnmente utilizado en el laboratorio. Como medio de almacenamiento ha sido utilizado para inhibir el crecimiento bacteriano en dientes mediante mecanismos que involucran la fragmentación por enzimas. La humedad dentinaria de los dientes almacenados en nitrato de sodio (3%) es semejante a la observada por la formalina (10%) [Takashi y cols., 2009]. Aunque, el centro de control y prevención de enfermedades recomienda que los dientes extraídos para uso educacional o para propósitos de investigación deben ser almacenados en formalina al 10% durante 2 semanas [Tate y White, 1991], son varios los autores que han preferido la utilización del nitrato de sodio para conservar los dientes antes de su estudio de adaptación del material de obturación mediante el microscopio confocal láser [Gharib y cols. 2007; Odriozola-Zapata y cols., 2009; Tuncer y Tuncer, 2012].

Para nuestro estudio escogimos dientes con raíces dentarias de un único conducto radicular recto o con curvatura ligera. Seccionamos las coronas dejando un remanente radicular de 12 mm a partir del ápice dentario. Utilizar dientes de una sola raíz, con un único conducto y anatómicamente similares, permite normalizar las condiciones de preparación y obturación en el tratamiento endodóncico [Wu y Wesselink, 1993], minimizando la influencia de estas variables en los resultados del trabajo. Asimismo, la longitud radicular es otro factor que debe ser controlado [Wu y cols., 2006].

Como agente principal de irrigación en nuestro estudio fue utilizado el hipoclorito de sodio. Es el agente más utilizado en la práctica endodóncica como solución irrigadora y su efectividad ha sido ampliamente estudiada [Kennedy y cols., 1986; Ferrer y cols., 1993; Olmos y cols., 2000]. Clegg y cols. (2006), hallaron que las únicas soluciones eficaces en romper los *biofilms* y en eliminar las bacterias fueron las de hipoclorito sódico en concentraciones del 3 al 6% mostrándose también eficaces frente a los hongos. No obstante, su mayor desventaja es que no elimina la capa de barrillo dentinario [Baumgartner y Cuenin, 1992].

Para una completa limpieza y desinfección es aconsejable la remoción de los detritus y del barrillo dentinario. Muchos autores defienden su eliminación porque esta capa actúa como una barrera para la difusión de soluciones antibacterianas, impidiendo su penetración en los túbulos dentinarios [Tauber y cols., 1983; Goya y cols., 2000]. Son varios los trabajos que han demostrado que la eliminación del barrillo dentinario antes de la obturación es muy importante para que se produzca de forma adecuada la penetración del cemento sellador dentro de los túbulos dentinarios [White y cols., 1984; Kokkas y cols., 2004; Mamootil y Messer, 2007]. Para Sen y cols. (1995), esta capa orgánica de residuos actúa como una barrera, interfiriendo en la adhesión y en la penetración de los selladores en los túbulos dentinarios. Justifican retirarlo, pero consideran que existe riesgo de re-infección del canal si el sellado se pierde.

Con este fin, algunos autores recomiendan utilizar EDTA al 17% tras la preparación del conducto y posterior irrigación con hipoclorito de sodio, mientras que otros proponen el uso alternativo del EDTA y NaOCl para remover ambos componentes de la capa residual, la orgánica y la inorgánica [Yamada y cols., 1983; Baumgartner y Mader, 1987].

En el presente estudio se utilizó 1,8 ml. de hipoclorito de sodio al 5,25% como irrigante, entre cada lima utilizada, durante el proceso de preparación de los conductos. Tras la conformación radicular se utilizó EDTA al 17% durante 3 minutos, con el fin de eliminar los restos creados por el proceso de preparación, y, posteriormente, un nuevo lavado con hipoclorito de sodio al 5,25%.

Se ha publicado que el hipoclorito de sodio es inhibido de su acción en presencia del EDTA [Grawerh y cols., 2003], por lo que hay autores que recomiendan la utilización del suero fisiológico entre ambos irrigantes. Nosotros por ese motivo, solo lo hemos utilizado en la parte final de la instrumentación y no de forma intercalada.

Se utilizó para la instrumentación el sistema de limas rotatorias Mtwo, con este sistema se han conseguido unos conductos más centrados y con mejor mantenimiento de la curvatura original y de forma más rápida cuando comparados con los sistemas K3 y RaCe [Schafer y cols., 2006]. Los fabricantes proclaman [Kuzekanani y cols., 2009] que no es necesario utilizar una técnica corono-apical con este sistema de limas rotatorias, pues cada instrumento es capaz, sin previa preparación del conducto, de alcanzar la longitud de trabajo y preparar el camino al siguiente instrumento de la secuencia (técnica simultánea o de la longitud única). En cambio Ehrhardt y cols. (2012), encontraron una disminución de la incidencia de fractura de las limas rotatorias Mtwo cuando se realizaba un ensanchamiento cervical previo con limas manuales y brocas Gates-Glidden.

Incluso comparando la habilidad de configuración y la efectividad de la limpieza de los conductos con un nuevo sistema de limas endodóncicas, EasyShape (Brasseler, Lemgo, Alemania), que tiene características comparables (diseño de sección en forma de S, punta no cortante, y se utilizan mediante la técnica de instrumentación de la longitud única o simultánea), Burklein y cols. (2011), encontraron que las limas Mtwo consumían menos tiempo, asumido por su mayor eficacia en el corte [Schafer y Oitzinger, 2008], y producían menos residuos.

Como material sólido para la obturación se utilizó conos de gutapercha. Este recurso, vigente en la actualidad [Almenar, 2002], ha sido universalmente aceptado como el material estándar para obturar los conductos radiculares, y como comparación para los demás materiales. Es utilizado en varias formas, con varias técnicas de obturación y asociada a varios cementos selladores [Venturi y Breschi, 2004; Patel y cols., 2007].

Para completar la acción obturadora de la gutapercha se escogió, por sus propiedades físico-químicas, el cemento sellador AH Plus; un sellador basado en resina epoxi. Hay varios estudios que han demostrado que la fluidez (uno de los factores físico-químicos más influyentes en la penetración tubular de los cementos endodóncicos [Bernardes y cols., 2010]) de los selladores a base de resinas de este tipo, es significativamente superior a la de otros selladores [Siqueira y cols., 2000; McMichen y cols., 2003; Bernardes y cols., 2010]. Además, es un tipo de sellador bien conocido, probado y frecuentemente utilizado como comparación en el estudio de nuevos selladores [Marin-Bauza y cols., 2010].

Uno de los parámetros valorados en nuestro estudio fue la máxima penetración del material sellador dentro de los túbulos dentinarios. Esta profundidad depende de varios factores como pueden ser la eliminación del barrillo dentinario [De Deus y cols., 2002], la permeabilidad dentinaria (dependiente del número y tamaño de los túbulos), las dimensiones del conducto radicular y de las propiedades físico-químicas del sellador [De Deus y cols., 2004; Weis y cols., 2004; Ørstavik, 2005].

Balqueire y cols. (2011), evaluaron *in vitro* la adaptación tubular y la profundidad de penetración de cinco selladores endodóncicos, juntamente con gutapercha, mediante observación con microscopio electrónico de barrido en cortes transversales a 3 niveles (apical 2 mm, medio 5 mm y coronal 8 mm); concluyeron que el cemento AH Plus consiguió la mejor penetración y adaptación a las paredes del conducto radicular, frente a los otros cementos (Acroseal, Endobtur, Ketac-Endo y RSA) estudiados.

Kokkas y cols. (2004), revelaron que los selladores a base de resina, AH Plus, y Apexit, cemento a base de hidróxido de calcio, tienen una profundidad de penetración significativamente superior en comparación con el cemento a base de óxido de zinc y eugenol Roth 801. También, Mamootil y Messer (2007), encontraron diferencias significativas entre la profundidad de penetración de tres cementos selladores diferentes: resina epoxi (AH26), óxido de zinc y eugenol (Pulp Canal Sealer) y metacrilato (EndoREZ).

Venturi y cols. (2003) utilizando una técnica termoplástica seguida de una compactación termo-mecánica, utilizando dos cementos endodóncicos (AH Plus y Pulp Canal Sealer), demostraron diferencias de penetración de los materiales de obturación a lo largo de los conductos. El grupo del AH Plus fue el que demostró una mayor difusión y penetración en los espacios vacíos. No obstante, también hay que resaltar que, mientras en ambos grupos los conductos laterales del tercio coronal fueron rellenados de forma significativa con gutapercha y con cemento, los conductos laterales del tercio apical solo fueron rellenados con cemento. Estos resultados comprueban la importancia de las propiedades de escurrimiento y sellado de los cementos endodóncicos [Venturi y cols., 2005].

En cambio Shokouhinejad y cols. (2011), encontraron mayor profundidad de penetración del sellador de poliésteres (Epiphany) comparado con AH Plus. También, Patel y cols. (2007), encontraron diferencias entre la profundidad de penetración entre el sellador de poliéster RealSeal (908,83  $\mu\text{m}$ ) y el Tubliseal, a base de óxido de zinc y eugenol (139,54  $\mu\text{m}$ ).

Una de las técnicas de obturación utilizadas en este estudio fue la técnica de condensación lateral en frío. Es la técnica más ampliamente extendida y estudiada, además es una técnica de referencia que permite la comparación con las distintas técnicas establecidas y con nuevas técnicas de obturación de reciente introducción [Lertchirakarn y cols., 2002]. En lo concerniente a los espaciadores, las obturaciones más homogéneas y densas se logran con los digitales frente a los palmares.

En nuestro estudio, antes de comenzar la obturación radicular, incorporamos el colorante rodamina B al cemento sellador AH Plus. Estudios con microscopio confocal láser han indicado que la incorporación de rodamina B dentro del sellador es esencial para observar la extensión de la adaptación y penetración del sellador [Bitter y cols., 2004].

En varios estudios se ha demostrado la inocuidad de la rodamina B para alterar las propiedades de los selladores. La posibilidad de que el colorante influenciase en la capacidad de sellado del material obturador fue excluida en un estudio piloto que comparó dos materiales obturadores con y sin partículas de rodamina B mezcladas, y no se constató diferencias de penetración entre ellos [Patel y cols., 2007; Gharib y cols., 2007]. También es altamente improbable que la rodamina B pueda alterar las propiedades del endurecimiento del cemento sellador pues las cantidades utilizadas son mínimas. Patel y cols. (2007), relatan en su estudio, que apenas utilizaron unos gránulos de marcador. En el trabajo de Ordinola-Zapata y cols. (2009), se realizó otro estudio piloto en el que se demostró que la rodamina B no alteraba la fluidez del sellador, de acuerdo con las especificaciones de la American Dental Association.

La rodamina B tiene una facilidad enorme de colorear todo lo que toca y en cantidades mínimas, de tal forma que se tomó el máximo de cuidado durante su manipulación, cambiando los guantes y limpiando el instrumental utilizado, de esta forma evitamos posibles falsos positivos en la llegada del colorante a los túbulos dentinarios o a las paredes por otro camino que no fuese a través del cemento sellador.

La concentración de rodamina B utilizada en este estudio fue del 0,1%, concentración que ha sido constatada como capaz de emitir fluorescencia suficiente para la identificación del material sellador pigmentado dentro de los túbulos dentinarios. Estudios previos demuestran que concentraciones superiores al 0,1% producen excesiva fluorescencia que hacen difícil la visualización de las muestras [Gharib y cols., 2007]. Además, esta misma concentración fue utilizada en otros estudios [Pioch y cols., 1998; Costa, 2009].

Para su posterior visualización, se seccionaron los especímenes, de forma transversal al eje mayor del diente, a tres niveles radiculares: a 3, 7 y 10 mm de distancia del ápice radicular. Como en estudios precedentes [Bitter y cols., 2004; Young-Mi y cols., 2010], y para eliminar restos que pudieran interferir en su visualización, todos los especímenes fueron pulidos secuencialmente por discos, con refrigeración constante. Los cortes transversales favorecen

el examen de los especímenes por ofrecer una visión global de como el material obturador penetra y se adapta a las paredes del conducto radicular. Algunos métodos emplean cortes longitudinales para la evaluación de la extensión de la penetración, pero esa evaluación queda limitada a la región del corte, pudiendo subestimar la capacidad de penetración del material, de acuerdo con el segmento tubular que este presente en el corte, no ofreciendo la posibilidad de un análisis global de la sección, o sea, de todas las paredes.

Aunque la filtración por colorantes ha sido un método muy utilizado para evaluar las obturaciones endodóncicas, diversas investigaciones demostraron la falta de acuerdo en el protocolo que debe seguirse al manejar dichas sustancias, lo que dificulta la correcta lectura de los datos experimentales. Factores tan heterogéneos como la posición del diente en la solución colorante, presencia de aire retenido en la masa de obturación, hidratación de espacios vacíos en el seno del relleno radicular, centrifugación de las muestras durante la exposición al colorante y número de ciclos masticatorios sometidos a los especímenes, han sido implicados en los resultados que contemplan el uso de colorantes como método para reflejar la filtración.

Es un hecho consumado que al comparar la eficacia de diversas técnicas, ya sean éstas de obturación, preparación del conducto, etc., las investigaciones aportan frecuentemente resultados dispares. Hay la certidumbre de que esto no sólo depende de la habilidad o destreza de cada cual al ejecutar el experimento sino también del método utilizado [Branstetter y Fraunhofer, 1982]. Así, una línea de trabajo que contempla tal sistema de análisis puede llegar a unas conclusiones distintas, sobre la misma cuestión, de aquélla otra que no siga el mismo y utilice otros medios. Para Barthel y cols. (1994), el tamaño molecular del agente penetrante y tiempos de exposición reducidos pueden desvirtuar los resultados cuando se estudia el sellado de conductos mediante técnicas de filtración. Así, empleando dos tests diferentes (colorantes y bacterias) no se encuentra correlación entre los resultados de las dos pruebas: no hay desigualdad entre los selladores estudiados (AH 26, Ketac Endo y Roths) cuando se utilizan marcadores microbianos y, por el contrario, sí existe al emplear el colorante (Ketac Endo mucho mejor que AH 26).

Pommel y cols. (2001) destacan la discordancia en los resultados obtenidos mediante tres métodos de investigación (filtración de fluido, electro-químico y penetración de un colorante) cuando estudian el sellado apical logrado con tres técnicas diferentes: Thermafil, condensación vertical y técnica del cono único. Mientras que el método de filtración de fluido mostró que la condensación vertical era superior al Thermafil y éste a la técnica del cono único, con el estudio de penetración del colorante los mejores resultados se obtenían con el Thermafil. Finalmente, el método electroquímico no encontró diferencias significativas entre las tres técnicas.

Esta incongruencia de resultados fue encontrada al comparar el aspecto radiográfico con la técnica de filtración apical; así, coincidiendo con el estudio de Chohayeb y Tom (1995), varios trabajos posteriores han encontrado una mejor presencia del aspecto radiográfico de las obturaciones realizadas con las técnicas de condensación lateral cuando son comparadas con técnicas termoplásticas [Al-Dewani y cols, 2000]. Por el contrario, cuando los mismos especímenes son sometidos a pruebas de filtración apical, los mejores resultados los proporciona la obturación con gutapercha termoplástica.

Esta grave falta de correlación fue explicada por Roydhouse (1968): “los experimentos *in vitro* sobre filtración marginal pueden mostrar una tendencia, pero no una realidad clínica. Los test de penetración, incluso en el laboratorio, tienen un valor limitado por el número de variables que no es posible manejar”.

Los métodos más empleados recientemente para la evaluación de la adaptación de materiales a la pared del conducto radicular y de la penetración del material obturador en el interior de los túbulos dentinarios son la microscopia electrónica de barrido [Tay y cols., 2005a; Pawinska y cols., 2006] y de transmisión [Tay y cols., 2005a, y 2005b]. Shokouhinejad y cols. (2011), defienden en su estudio que una de las grandes ventajas del microscopio electrónico de barrido es permitir una medida muy exacta de la penetración del sellador dentro de los túbulos dentinarios utilizando alta magnificación.

En nuestro estudio utilizamos el microscopio confocal láser para observar los especímenes. La microscopía confocal combinada con colorantes fluorescentes, es una técnica que permite visualizar la adaptación de los materiales obturadores a través de los túbulos dentinarios [Lin y cols., 2005].

Esta técnica presenta ciertas ventajas en relación al microscopio electrónico de barrido (MEB), ya que es una técnica menos destructiva para las muestras, dado que no precisa de su secado (indispensable para MEB) disminuyendo el riesgo de producirse artefactos (la evaporación en la máquina de vacío puede causar grietas y/o fracturas en las muestras del tejido duro y separación del material de obturación de la superficie dentaria así como la expansión y/o contracciones del diente y/o del material de obturación) [Duschner y cols., 1995; Pioch, 1996; Pioch y cols., 1997; Shipper y cols., 2004]. Bitter y cols. (2009), al comparar la capacidad de análisis de la penetración y distribución de selladores entre el microscopio electrónico de barrido y el microscopio confocal láser concluyeron que, este último proporciona una información más detallada. El microscopio confocal es capaz de diferenciar las verdaderas brechas de las potenciales brechas artificiales creadas después de un proceso de desecado al vacío, lo que es muy difícil de conseguir cuando utilizamos el tradicional microscopio electrónico de barrido al vacío [De Deus y cols, 2011]. El microscopio confocal permite no solo la visualización de la superficie del espécimen, sino también su profundidad [Diaspro y Robello, 2000].

Debido a la trayectoria sinuosa de los túbulos dentinarios desde la cavidad pulpar a la pared externa radicular, estos son difíciles de observar en su totalidad cuando efectuamos un único corte [Love, 2004]. Con el microscopio confocal conseguimos realizar múltiples cortes que nos revelan la casi totalidad de la anatomía tubular de la dentina de los cortes estudiados. Con el programa del microscopio confocal conseguimos compensar el trayecto ondulante de los túbulos dentinarios mediante la sobreexposición de las secciones y obtener así una imagen tridimensional de los cortes, con imágenes de máxima proyección de la distribución del sellador dentro de la dentina [Dàlpino y cols., 2006]. Este recurso revela una más precisa e informativa correlación estructural cuando se compara con un análisis de dos dimensiones

[Diaspro y Robello, 2000]. Esto también permite medir el perímetro del conducto penetrado por el material obturador y, en base al perímetro total del mismo, calcular el porcentaje del perímetro penetrado, y todo esto a bajos aumentos (50x-100x) [Dàlpino y cols., 2006]. A través de las dos medidas se puede concluir cuál de los grupos a estudio consigue mayor adaptación y penetración tubular. Por eso, consideramos esta técnica de visualización apropiada. Para este estudio, una imagen debe de ser considerada como adecuada si la fluorescencia roja se limita a la capa del sellador y a la luz de los túbulos dentinarios o ramificaciones laterales.

Esta técnica de combinación del microscopio confocal láser juntamente con colorantes fluorescentes ha sido utilizada para otras investigaciones endodóncicas. También el microscopio confocal láser ha sido descrito no solo como un método adecuado para la visualización de bacterias intratubulares, sino que además puede identificar las bacterias vivas y muertas dentro de la dentina infectada [Nagayoshi y cols., 2004; Zapata y cols., 2008; Pamar y cols., 2011]. Si bien esta técnica parece ser la ideal para determinar el grado de adaptación y penetración de los materiales de obturación radicular, los logros clínicos derivados de estos estudios con una gran variedad de cementos endodóncicos y técnicas de obturación no parecen estar muy próximos [Dàlpino y cols., 2006].

A pesar de los beneficios demostrados por el MCRL, también podemos citar algunos inconvenientes como son: la dificultad de analizar láminas menores como las que se utilizan en el método histológico. Esta limitación restringe la utilización del número de cortes a evaluar en zonas de vital importancia como por ejemplo en el tercio apical de la raíz. Otra limitación es la irreversibilidad del proceso de adquisición de imágenes. A diferencia del método histológico, en la microscopía confocal, la energía es producida por la interacción del láser con los fluoróforos de la muestra, y este proceso es irreversible, provocando la pérdida paulatina de la fluorescencia y, consecuentemente la pérdida de la muestra. Para evitar estos problemas se ha sugerido que el análisis de la muestra sea realizado paralelamente con microscopía óptica, utilizando por ejemplo, una mitad del cuerpo de la prueba para microscopía óptica y la otra mitad para microscopía confocal.

### 3.5.- DISCUSIÓN SOBRE LOS RESULTADOS.

El objetivo principal de este estudio es analizar la adaptación del material obturador a las paredes dentinarias de dientes que fueron obturados con dos conicidades de gutapercha diferente; conicidad normalizada y conicidad aumentada, y mediante tres técnicas de obturación diferente; condensación lateral, técnica mixta y onda continua. Los parámetros estudiados fueron el porcentaje de penetración perimetral y la profundidad máxima de penetración de material de obturación, que fueron medidos en tres zonas radiculares: en el tercios coronario, medio y apical.

Ninguna de las técnicas de obturación utilizadas en este estudio; tanto con gutapercha de conicidad normalizada como gutapercha de conicidad aumentada, consiguió una adaptación total del material obturador a las paredes dentinarias.

Independientemente de la técnica utilizada y de la conicidad de la gutapercha escogida, la máxima penetración del cemento sellador y el porcentaje del perímetro penetrado fue diferente dependiendo del tercio estudiado, siendo siempre mayores en el tercio coronal seguido del tercio medio y finalmente del tercio apical. Esto es reflejado en la tabla nº 5 con los resultados obtenidos en nuestro estudio:

<b>Tercio</b>	<b>Porcentaje de penetración perimetral</b>	<b>Profundidad máxima de penetración</b>
Apical	33,33%	553,53 $\mu\text{m}$
Medio	66,02%	1194,49 $\mu\text{m}$
Coronario	79,48%	1274,72 $\mu\text{m}$

Tabla nº 5: medias de los porcentajes de penetración perimetral y profundidades máximas de penetración por tercios.

La reducción de la extensión de la penetración y del porcentaje del perímetro penetrado por el cemento sellador dentro de los túbulos dentinarios desde el tercio coronal en dirección al tercio apical encontrada en nuestro trabajo es corroborada por otros estudios [Weis y cols., 2004; Patel y cols., 2007; Gharib y cols., 2007; Tuncer y Tuncer, 2012]. Gharib y cols. (2007), evaluaron y compararon el porcentaje del perímetro penetrado y la profundidad de penetración del material obturador utilizando una técnica combinada (condensación lateral en el tercio apical y onda continua en el resto) del sistema de obturación Epiphany mediante la pigmentación de su sellador con rodamina B; realizando y observando bajo microscopio confocal láser cortes en tres zonas radiculares: apical, medio y coronal. Encontraron de forma significativa, menor profundidad de penetración del sellador en las secciones apicales (303,8  $\mu\text{m}$ ) al compararlas con las medias (538,1 $\mu\text{m}$ ) y coronarias (741,9  $\mu\text{m}$ ). El porcentaje de penetración siguió los mismos derroteros; el tercio apical sufrió un porcentaje de penetración significativamente inferior (46,88%) al compararlo con el tercio medio (74,32%) y el coronal (88,82%).

Esta diferencia puede ser explicado por la menor acumulación del barrillo dentinario o de su más fácil eliminación en el tercio coronario que en los tercios medio y apical. Se considera también influyente la significativa mayor densidad de los túbulos dentinarios y de sus mayores diámetros en el tercio coronario de la raíz comparados con los del tercio apical [Watson, 1997; Ferrari y cols., 2000]. Además, la disposición de los túbulos dentinarios en la región apical es de forma irregular y están más fácilmente obliterados y con esclerosis dentinaria [Mjor y cols., 2001], lo que dificulta la penetración del material obturador.

En nuestro estudio, la máxima penetración del material obturador dentro del mismo grupo fue siempre superior en el tercio coronario que en el medio (excepto el grupo 3, técnica mixta con gutapercha de conicidad normalizada) y el medio superior al tercio apical. En contra de nuestros resultados Vassiliadis y cols. (1994), encontraron una máxima penetración en el tercio medio. Por este motivo algunos autores evalúan solo el tercio medio en sus estudios para comparar los resultados [Shokouhinejad y cols., 2011].

Muchas especies bacterianas son capaces de penetrar profundamente en los túbulos dentinarios [Love, 1996; Love, 2001; Love y Jenkinson, 2002], incluso cerca de la unión cemento-dentina [Peters y cols., 2001]. La penetración bacteriana dentro de los túbulos dentinarios puede alcanzar de 100-1000  $\mu\text{m}$  y puede aumentar en ausencia de barrillo dentinario [Haapasalo y Ørstavik, 1987]. Esta microflora es capaz de formar complejos *biofilms* dentro de los túbulos dentinarios [Mannocci y cols., 2003], por lo que rellenarlos con gutapercha, o al menos cemento, es importante. Así la penetración del sellador dentro de los túbulos dentinarios está considerado como beneficioso para prevenir reinfecciones [Kokkas y cols., 2004], ya que la actividad antibacteriana del cemento sellador puede ser efectiva dentro de los túbulos [Heiling y Chandler, 1996].

Además, se ha sugerido [White y cols., 1984] que la acción mecánica del sellador dentro de los túbulos proporciona retención del material, ya que se produce un aumento de la interfase entre la dentina de las paredes radicales y el cemento sellador [Sen y cols., 1996]. Esto, potencialmente reduce la filtración. Mamootil y Messer (2007), consideran que un alto porcentaje de penetración de sellador endodóncico puede ser un indicador indirecto de potencial resistencia a la filtración microbiana y de fluidos entre el sistema canalicular y el periápice, favoreciendo una obturación tridimensional. Por eso, la habilidad del sellador en penetrar de forma consistente y efectiva dentro de los túbulos dentinarios es uno de los factores que influyen en su elección en el tratamiento endodóncico [Mamootil y Messer, 2007].

Hay varios autores que comparten la opinión de que cuanto mayor sea la cobertura de la superficie del conducto mejor será el sellado [Curson y Kirk, 1968; Younis y Hembree, 1976; Skinner y Himel, 1987]. Para otros, es más importante conseguir un área 100% rellena sin *gaps* que la propia adhesión del material obturador a la dentina [Wu y cols., 2001; De Deus y cols., 2008].

La idea lógica de que ante mejor adaptación del material obturador conseguida bien por el porcentaje del perímetro penetrado, bien por la profundidad de penetración intratubular de la dentina radicular, tendremos un mejor sellado, y consecuentemente menos filtración radicular, es discutida en varios trabajos. Así, de De Deus y cols. (2012) no encontraron relación entre la filtración obtenida por el test de la penetración de la glucosa y el porcentaje de penetración del sellador en el conducto radicular observado en microscopio confocal y en estereomicroscopio de alta resolución. Ghoddsi y cols. (2010), utilizando microscopio electrónico de barrido, tampoco encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la penetración del sellador dentro de los túbulos dentinarios y la filtración del colorante.

Sen y cols. (1996), estudiaron la posible correlación entre la penetración de 4 selladores dentro de los túbulos dentinarios y la microfiltración, utilizando los métodos de la filtración por colorante (tinta india) y el microscopio electrónico de barrido. Parece haber una relación inversa entre la penetración tubular y la filtración de colorante, pero sin significado estadístico. Esta falta de relación puede ser explicada por la técnica de obturación utilizada en este estudio (técnica del cono único) donde no hay fuerzas de compactación. Por otra parte, la metodología de los modelos de filtración por colorantes han sido cuestionados recientemente [Oliver y Abot, 2001; Susini y cols., 2006; Cenci y cols., 2008], opinando Siqueira y cols. (2001) que el tamaño molecular de las partículas de colorante es menor que el de las bacterias y, por lo tanto, los colorantes pueden dar falsos resultados porque pueden penetrar por donde las bacterias no son capaces. Además, factores como el pH y las reacciones químicas del colorante pueden también influir en el grado de penetración del mismo.

Son varios los factores que pueden afectar la calidad de la adaptación del material obturador a las paredes del conducto radicular. Estos factores podremos reunirlos en cuatro grandes grupos: Anatomía dentaria, materiales y técnicas utilizadas durante la preparación químico-mecánica del conducto, materiales y técnicas utilizadas durante la obturación y los métodos de análisis.

Son muchos los trabajos que estudian la influencia de estas variantes en el resultado de la adaptación del material obturador. Han sido comparados diferentes cementos selladores endodóncicos, diferentes materiales núcleos de obturación (gutapercha *versus* Resilon), diferentes métodos de observación (microscopia electrónica/ microscopia confocal), así como la influencia de diferentes protocolos de irrigación radicular.

En nuestro estudio son dos las variantes que hay que considerar. la conicidad del cono de gutapercha y las técnicas de obturación.

La preparación mecánica del sistema de conductos radiculares ha ganado popularidad con la aparición de los nuevos sistemas de limas de níquel-titanio que han demostrado igual o superiores resultados que la técnica de preparación ápico-coronal con limas de acero [Ahlquist y cols., 2001]. Se ha publicado que, la instrumentación con las limas rotatorias es más fácil, rápida y predecible, reduce los errores de procedimiento y mantiene la curvatura original [Tan y Messer, 2002]. Los sistemas de limas pueden variar en diseño y conicidad como 0,02, 0,04 o 0,06 mm/mm, lo que puede producir una preparación con un mínimo ensanchamiento apical, proporcionando una irrigación satisfactoria y obteniendo el máximo sellado apical [Cordero y cols., 2002]. La combinación entre instrumentos capaces de preparar el conducto con una conicidad determinada y la posibilidad de su obturación con un cono de material obturador de la misma conicidad y morfología, produce una simplificación de la técnica y ahorro de tiempo. La utilización de gutapercha (Mtwo 0,04%) de conicidad concordante con la última lima utilizada en nuestro estudio debería, en principio, proporcionar una mejor adaptación cuando comparada con la gutapercha normalizada, lo que solo se ha verificado cuando se utilizó la técnica de la onda continua.

Una supuesta ventaja al utilizar gutapercha de conicidad aumentada sería el aumento de su masa dentro del conducto, con la consiguiente disminución del sellador, lo que es aceptado de forma general como beneficioso para la calidad de la obturación [Gound y cols., 2000]. Esta suposición es basada en el hecho de que la microfiltración ocurre entre las inter-superficies de la dentina y gutapercha, dentina y sellador o gutapercha y sellador [Hovland y Dumsha,

1985], y también a través de la masa del sellador debido a la contracción de fraguado y a su disolución con el paso del tiempo [Kazemi y cols., 1993; Kontakiotis, 1997], lo que no sucede a través de la masa sólida de la gutapercha [Wu y cols., 2000]. Spangberg (2002) también sugirió la utilización de los conos de gutapercha no estandarizada de conicidad aumentada como alternativa a los conos estandarizados de conicidad 0,02 ya que proporcionan una masa homogénea de gutapercha dentro del conducto radicular.

Pero, parece que estas puntas de gutapercha con conicidades de 0.04 y 0.06 no aportan una mayor capacidad de sellado cuando se comparan con los conos normalizados de conicidad 0,02 en canales preparados con instrumentos con propulsión mecánica [Bal y cols., 2001; Hembrough y cols., 2002; Gordon y cols., 2005; Perez Heredia y cols., 2007].

En nuestro estudio, la adaptación del material obturador, reflejada en el porcentaje del perímetro penetrado, solo mejora con el uso de la gutapercha de conicidad aumentada cuando utilizamos la técnica de obturación por onda continua. Así al comparar la conicidad de la gutapercha, independientemente del tercio estudiado, la media del porcentaje del perímetro penetrado con gutapercha de conicidad aumentada, creció (del 52,67% al 60,91%) solo cuando utilizamos esta técnica. En las otras dos técnicas utilizadas (condensación lateral y técnica mixta) los resultados fueron inferiores. Las medias de la máxima penetración aumentaron tanto para la técnica mixta (de 1103,63  $\mu\text{m}$  al 1184,94  $\mu\text{m}$ ) como para la técnica de la onda continua (de 906,38  $\mu\text{m}$  al 1014,08  $\mu\text{m}$ ). La técnica de la condensación lateral aquí también sufrió una disminución al utilizar la gutapercha de conicidad aumentada en lugar de la gutapercha de conicidad normalizada (de 1064,54  $\mu\text{m}$  para 771,92  $\mu\text{m}$ ).

También se demostró en nuestro estudio que solamente la técnica de la onda continua obtuvo mejores resultados en sus tres tercios (excepto la máxima penetración en el tercio medio con -4%) a la hora de valorar la adaptación del material de obturación (porcentaje de penetración perimetral y máxima penetración) cuando utilizamos gutapercha de conicidad aumentada en comparación con la gutapercha de conicidad normalizada. Villegas y cols. (2005) al evaluar la calidad y adaptación de la gutapercha a las paredes del conducto

radicular (en un modelo artificial) en el tercio apical mediante la técnica de la onda continua y utilizando conos maestros de conicidad 0,02 y 0,10%, encontraron que esta última consiguió resultados (réplica de depresiones artificiales y espacios entre la gutapercha y la pared del conducto) estadísticamente mejores que la gutapercha de 0,02% de conicidad. En nuestro estudio, la técnica de condensación lateral obtuvo siempre peores resultados (excepto en el porcentaje del perímetro penetrado del tercio medio +3%) de la adaptación cuando se utilizó la gutapercha de conicidad aumentada. En la técnica mixta, aunque fue la más oscilante, su sentido fue siempre en aumento cuando pasamos del tercio apical al coronal, que toma la máxima expresión cuando comparamos la máxima penetración del tercio apical (-37%) a la coronal (39,5%) lo que sugiere que para poder utilizar gutapercha de conicidad aumentada hay que modificar en la zona apical la técnica mixta utilizada. El espacio creado por los condensadores digitales entre la gutapercha de alta conicidad y las paredes dentinarias puede no ser el suficiente para poder fluir adecuadamente la gutapercha inyectada y adaptarse completamente a las paredes. Además la profundidad de penetración de estos condensadores es menor [Wilson y Baumgartner, 2003] cuando utilizamos un cono de conicidad aumentada al compararlo con un cono de conicidad normalizada, lo que puede influir negativamente en la adaptación del material obturador, sobre todo en el tercio apical.

La técnica que parece beneficiarse con la utilización de gutapercha de conicidad aumentada es la onda continua. La técnica de condensación lateral obtiene mejores resultados con la gutapercha de conicidad normalizada. La técnica mixta utilizada en este estudio necesitará de modificaciones para mejorar sus resultados con gutapercha de conicidad aumentada, sobre todo a nivel apical. Una alternativa a la técnica mixta utilizada en nuestro estudio podría ser la utilización de la condensación lateral en frío seguida de la condensación vertical caliente en el tercio apical; en cuanto a los tercios medios y coronarios se podría utilizar la inyección de gutapercha caliente, la inyección de cemento sellador solamente o la obturación por obturadores individualizados de diferentes materiales mediante la obtención de molde del conducto instrumentado.

Estudiando la microfiltración, Bal y cols. (2001) no encontraron diferencias significativas entre conductos preparados a una conicidad del 0,06 y obturados mediante condensación lateral,

con conos de gutapercha de conicidad 0.02, y 0.06 respectivamente. Tampoco Hembrough y cols. (2002) consiguieron demostrar diferencias estadísticamente significativas cuando midieron el porcentaje de la superficie del conducto radicular ocupada por gutapercha cuando compararon conos de conicidad 0,02, 0,06 y conos medios no estandarizados compactados mediante técnica de condensación lateral, en conductos previamente instrumentados a una conicidad del 0,06%. A las mismas conclusiones llegaron Gordon y cols. (2005) en su trabajo.

Después de su estudio, Romania y cols. (2009) concluyeron que el porcentaje de las áreas del conducto rellenas con gutapercha y sellador eran similares cuando se utilizaron conos maestros de diferente conicidad mediante la técnica de condensación lateral. También Gordon y cols. (2005) encontraron similares porcentajes de áreas del conducto rellenas de gutapercha al comparar conos de gutapercha de conicidad 0,02 y 0,06. El cemento sellador parece que no influye en esta similitud de resultados ya que Montalván y cols. (2005) tampoco encontraron diferencias estadísticamente significativas cuando compararon la adaptación de los conos maestros de conicidades 0,02% y 0,06% en un estudio en el que se midió la proporción de los espacios con respecto al área total del diámetro del conducto de las muestras en cortes transversales observados con un estereomicroscopio (32x), en conductos obturados mediante la técnica de la condensación lateral y sin cemento sellador. En cambio para Zeliha y cols. (2009), el éxito de las técnicas con gutapercha de conicidad aumentada dependen de las propiedades y del tiempo de trabajo del sellador.

Independientemente de la conicidad de la gutapercha y del tercio del conducto, la técnica que obtuvo mejores resultados en nuestro estudio (reflejados en la tabla nº 6), tanto en el porcentaje de penetración perimetral como en la profundidad máxima de penetración fue la técnica mixta. Las técnicas de condensación lateral y onda continua obtuvieron resultados muy idénticos. Pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

<b>Técnica</b>	<b>Porcentaje de penetración perimetral</b>	<b>Profundidad máxima de penetración</b>
CL	57,66%	918,23 $\mu\text{m}$
MX	64,47%	1144,28 $\mu\text{m}$
OC	56,79%	960,23 $\mu\text{m}$

Tabla nº 6: Penetración tubular media y porcentaje del perímetro con penetración en nuestro estudio por técnicas. CL= Condensación lateral; MX= Mixta; OC= Onda continua.

Gharib y cols. (2007), en un estudio con microscopia confocal de secciones transversales del eje mayor del diente, en tres zonas (apical, medio y coronario) de conductos obturados con conos de Resilon de conicidad 0,02% y sellador Epiphany, mediante una técnica combinada (tercio apical mediante condensación lateral y resto del conducto por la técnica de la onda continua) obtuvieron unos resultados de 527,33  $\mu\text{m}$  de media de profundidad máxima de penetración, y 69,3% de media de porcentaje de perímetro penetrado. El valor del porcentaje del perímetro penetrado fue semejante al nuestro, pero la máxima penetración fue en nuestro estudio el doble que el conseguido por los autores mencionados.

La otra variante de nuestro estudio fue la técnica de obturación utilizada. En la tabla nº 7 comparamos los resultados obtenidos en nuestro estudio por la técnica de la condensación lateral y otros cuatro estudios que utilizaron la misma técnica. Destaca la discordancia de los valores obtenidos en la profundidad máxima de penetración; siendo nuestro estudio, junto con el de Tuncer y Tuncer (2012), los que alcanzaron los mejores resultados. En cambio los estudios que también analizaron el porcentaje del perímetro penetrado, obtuvieron unos resultados semejantes al nuestro, pero todos lejos de lo que se podría considerar deseado; ya que, si entendemos la optimización de una técnica cuando esta se aproxima al 100%, los resultados obtenidos en dichos estudios se distancia de ese propósito.

<b>Autores</b>	<b>Porcentaje de penetración perimetral</b>	<b>Profundidad máxima de penetración</b>
<b>Patel y cols. (2006)</b>	No estudiado	523,5 $\mu\text{m}$
<b>Ordinola-Zapata y cols. (2009)</b>	54,83%	333,83 $\mu\text{m}$
<b>Shokouhinejad y cols. (2011)</b>	No estudiado	24,83 $\mu\text{m}$
<b>Nuestro estudio (2012)</b>	57,66%	918,23 $\mu\text{m}$
<b>Tuncer y Tuncer (2012)</b>	61,66%	918,33 $\mu\text{m}$

Tabla n° 7: Medias del porcentaje de penetración perimetral y de la profundidad máxima de penetración obtenidos con la técnica de la condensación lateral.

Shokouhinejad y cols. (2011) compararon la máxima penetración en el tercio medio de los conductos obturados con gutapercha / AHPlus, Resilon / Epiphany y Resilon / Epiphany Self-etch, mediante la técnica de la condensación lateral, visualizando con microscopio electrónico de barrido, un único corte longitudinal. Las medias de los valores de máxima penetración fueron de 22,07  $\mu\text{m}$  (Gutapercha / AH Plus), 31,56  $\mu\text{m}$  (Resilon / Epiphany) y de 21,50  $\mu\text{m}$  (Resilon / Epiphany SE), siendo estos valores netamente inferiores a los registrados en nuestro estudio realizado con cortes transversales y microscopía confocal láser. Nosotros pensamos que, la técnica de cortes de los especímenes y de la visualización utilizadas en este estudio, influyeron en la obtención de unos resultados tan menguados.

Con la técnica de condensación lateral hay dificultad en conseguir una capa continua de sellador entre la gutapercha y la pared del conducto radicular. Una explicación puede ser la fuerza de compactación de los condensadores que puede dejar áreas sin sellador [Wu y cols., 2000]. El estudio de las muestras reveló que la cobertura dentinaria de sellador era inversamente proporcional a la eficacia de condensación de la gutapercha. El sellador puede ser desalojado de las paredes del conducto por los procedimientos de condensación. Estos resultados son justificados por estudios de laboratorio como el de Allan y cols. (2001).

Esta técnica ha sido acusada de no rendir adecuadamente a la hora de obturar conductos cuya apariencia final no es circular; ejemplo de esto es lo que observaron Wu y Wesselink (1995) en su trabajo realizado en dientes con conductos ovales, empleando el sistema de fuerzas balanceadas para preparar el canal y obturándolo mediante condensación lateral en frío. Según Walton y Johnson (1996), esta técnica de obturación tampoco es capaz de obturar adecuadamente canales severamente curvados, dientes inmaduros y resorciones dentinarias anejas al conducto. Gulabivala y cols. (1998) consideran que una curvatura del canal mayor de 20 grados incrementa drásticamente la filtración apical al obturarlo mediante condensación lateral, lo que no ocurre con las técnicas que utilizan gutapercha termoplástica (Alpha Seal, Thermafil, J S Quick Fill). Wu y cols. (2000), desaconsejan la técnica de condensación lateral en aquellos casos en los que la instrumentación provocó un transporte apical.

Otra desventaja que presenta esta técnica es la incapacidad de obtener una masa homogénea de gutapercha, lo que facilitaría la formación de espacios vacíos entre los conos y entre estos y la pared dentinaria, afectando sensiblemente la cualidad de la obturación. Esto fue comprobado en un trabajo de Zmener y cols. (2000) cuando compararon la técnica de la condensación lateral con las técnicas termoplástica e híbrida. Sin embargo, se ha mencionado con frecuencia que dicha técnica no permite obtener una masa homogénea de gutapercha, tendiendo a formar espacios entre conos o entre los conos y pared del conducto, afectando la calidad de la obturación [Eguchi y cols., 1985; Zmener y Campuzano, 1998; Bowman y Baumgartner, 2002]. En una revisión sistemática longitudinal de los estudios clínicos publicados desde 1922 hasta 2002 [Ng y cols., 2008], se informó que la tasa ponderada de éxito fue del 85,8% para la condensación lateral y del 84,7% para la técnica de cono único. Gordon y cols. (2005) demostraron, mediante el análisis de secciones horizontales de los especímenes, que la capacidad de relleno de conductos curvos con técnica de cono único (conicidad 0,06) y el sellador de resina AH 26 fue similar al obtenido con la técnica de condensación lateral de gutapercha y este sellador.

Kardon y cols. (2003) encontraron similar capacidad de sellado con las técnicas de cono único y compactación caliente de gutapercha.

Hay varios trabajos que consideran mejor la técnica de la compactación vertical caliente cuando es comparada con la condensación lateral. Así, la gutapercha plastificada tiene mejor adaptación, lo que conlleva un mejor sellado [Gencoglu y cols., 1993; Lea y cols, 2005]. La condensación lateral en frío presenta peores resultados en estudios de laboratorio comparativos [Bowman y Baumgartner, 2002; Gençolu y cols, 2002], dejando más espacios vacíos y conos de gutapercha retorcidos [Weller y cols, 1997], con menor cantidad de gutapercha [Wu y cols., 2002] y mayor espesor y peor distribución del cemento sellador [De Deus y cols., 2003; Wu y cols., 2000], lo que producirá una mayor filtración [Leung y Gulabivsls, 1994; Pommel y Camps, 2001]. Nelson y cols (2000), comprobaron que los conductos obturados mediante condensación lateral podían albergar el 26,56% más de gutapercha si se aplicaba al finalizar el tratamiento una fuente de calor conocida como System B, que permite plastificar los conos de gutapercha.

Pero ante esta superioridad demostrada *in vitro* por las técnicas termoplásticas sobre la condensación lateral en frío, se enfrenta un meta-análisis de resultados de diez ensayos clínicos realizado por Peng y cols. (2007), donde la única superioridad demostrada por las técnicas termoplastificadoras fue la sobre-extensión de las obturaciones conseguidas. No encontraron diferencias con respecto al dolor postoperatorio, calidad radiográfica de la obturación o resultados a largo plazo.

Parece que la técnica de obturación radicular que consigue una mejor adaptación mediante el porcentaje de perímetro penetrado es la de transportadores de material termoplástico. Ordinola-Zapata (2009), en un estudio donde compara el porcentaje del perímetro penetrado de conductos radiculares de raíces mesiales de molares mandibulares, utilizando la técnica de transportadores termoplásticos (RealSeal 1 / RealSeal Self Etching sealer y Thermafil / Thermaseal) y, observando por microscopia confocal en cortes transversales a 3 y 5 mm, obtuvieron una media del 92,5% del perímetro, lo que nos induce a pensar que esta técnica

es superior a las anteriores en la adaptación al perímetro del conducto obturado. El elevado contenido de material en el transportador presupone una fina capa de sellador con su consecuente aumento de porcentaje de penetración. Estas fueron las razones en las que los autores se basaron para explicar estos altos resultados.

Mediante esta técnica de transporte de gutapercha termoplástica, el aumento del porcentaje del perímetro penetrado parece que no presupone necesariamente el aumento de la profundidad máxima de penetración. Balguez y cols. (2011), utilizando transportadores de gutapercha HeroFill nº 30 con 5 diferentes selladores, incluyendo el AH Plus (quien alcanzó los máximos resultados), y analizando la profundidad de penetración visualizada con el microscopio electrónico de barrido en cortes transversales de los especímenes, alcanzaron una media total de 43,15  $\mu\text{m}$  con rangos desde el 0  $\mu\text{m}$  hasta 90,3  $\mu\text{m}$ . Esta diferencia en relación con nuestro estudio (superior a 23 veces), pensamos que no puede ser explicada solo por la utilización de diferente técnica de visualización, sino que también fueron decisivas las diferentes técnicas de obturación utilizadas.

Farzaneh y cols. (2004), en su estudio de Toronto, muestran que la técnica de obturación apareció como un parámetro determinante a la hora del éxito del tratamiento endodóncico, de tal forma que la utilización de gutapercha termoplastificada conseguía un porcentaje de curación (de 4 a 6 años) del 90%, mientras que utilizando la técnica de condensación lateral, este porcentaje disminuía al 80%. Dalat y Spangberg (1994) demostraron que la técnica con transportador tenía menor filtración de tinta comparados con las técnicas de obturación por compactación lateral y vertical. Kaya y cols. (2007), mediante el test de penetración de la glucosa, encontraron que la técnica de obturación puede influenciar en la habilidad del sellado apical. Esto podría ser un buen indicador de la consistencia de la influencia de la técnica de obturación a la hora de conseguir una obturación apropiada.

Otra técnica que ha resurgido tras la onda de los nuevos sistemas de limas mecánicas es la del cono único. La técnica de condensación lateral en frío y del cono único no producen diferencias en términos de microfiltración apical [Murat y Darendeliler, 2009]. Esto coincide con publicaciones anteriores [Perez Heredia y cols., 2007; Zeliha y cols., 2009].

Kontakiotis y cols. (2007), hallaron un buen sellado apical a largo plazo (12 meses) comparando conductos obturados *in vitro* con Guta-Flow y cono único de gutapercha, con otros obturados con AH26 y condensación latero-vertical. En cambio, Monticelli y cols. (2007) evaluaron el sellado apical, mediante la filtración de fluidos, por dos técnicas de cono único: Activ GP Precisión Obturación System y Gutta-Flow, comparados con la técnica de onda continua con gutapercha y AH Plus; no encontraron diferencias entre las técnicas en la primera semana de evaluación. A los 100 días mediante penetración bacteriana, la onda continua filtró el 16,7%, Gutta-Flow filtró el 50% y Activ GP filtró el 100%.

Zeliha y cols. (2009), investigando las propiedades de sellado de dos sistemas de compactación vertical (BeeFill 2 in 1 y System B / Obtura II) en comparación con las técnicas de condensación lateral y del cono único, mediante la técnica de filtración de fluidos, encontraron que los dos primeros fueron menos eficientes después de dos semanas que las técnicas del cono único y condensación lateral donde no hubo diferencias significativas. Los cuatro grupos fueron sellados con el cemento AH 26.

Por otro lado, Yücel y Çiftçi (2006) han descrito resultados inferiores en las obturaciones mediante la técnica del cono único. Concluyeron que los pobres resultados con la técnica del cono único son debidos a la propia técnica pues el cono de gutapercha es insertado solamente y no compactado con el subsiguiente acúmulo excesivo del sellador.

También Monticelli y cols. (2007), al comparar el sellado apical entre la técnica del cono único y la compactación vertical caliente, concluyeron que esta última proporcionaba un sellado más duradero. Otro trabajo indica que la técnica del cono único produce más microfiltración que la condensación lateral [Yucel y cols., 2006].

Wu y cols. (2003), describieron que la mitad del espacio de los conductos obturados mediante la técnica del cono único estaban ocupados por sellador. Después del fraguado, las obturaciones mediante el cono único presentan burbujas mayores que en las técnicas de la condensación lateral o técnicas de la compactación vertical. Además podría haber un aumento de la extrusión apical del sellador cuando éste es aplicado con el cono maestro y se realizan movimientos repetitivos arriba y abajo del conducto [Wu y cols., 2006].

El éxito de la obturación con conos de alta conicidad depende principalmente de las propiedades y tiempo de fraguado del sellador radicular [Zeliha y cols., 2009], así la calidad de la obturación dependerá principalmente de la capacidad selladora del sellador [Hemborough y cols., 2002].

**4**

# **CONCLUSIONES**

Una vez efectuado el estudio experimental *in vitro* propuesto y analizados los resultados obtenidos, se pueden establecer las siguientes conclusiones, respondiendo a los objetivos previamente planteados:

1. Ninguna de las técnicas de obturación estudiada consigue una completa adaptación a las paredes del conducto radicular.
2. La técnica que consiguió un mayor porcentaje de perímetro radicular penetrado por material obturador fue la técnica mixta con gutapercha de conicidad normalizada, pero sin diferencias estadísticamente significativas con los demás grupos estudiados.
3. La técnica que consiguió una mayor profundidad de penetración de material obturador fue la técnica mixta con gutapercha de conicidad aumentada. Tampoco hubo diferencias estadísticamente significativas con los demás grupos estudiados.
4. Todas las técnicas consiguen mejor adaptación en el tercio radicular coronario, seguido del medio y finalmente del apical.
5. Dentro de cada grupo, cuando se utilizó gutapercha de conicidad aumentada, siempre hubo diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje del perímetro penetrado entre el tercio apical y el coronario.
6. La técnica de la onda continua es la única que mejora los resultados al utilizar la gutapercha de conicidad aumentada en vez de la gutapercha de conicidad normalizada.

Ante las condiciones de nuestro estudio, tanto las técnicas utilizadas (condensación lateral, técnica mixta y técnica de la onda continua) como la conicidad de la gutapercha utilizada (normalizada y aumentada) no parecen influenciar de forma estadísticamente significativas en los resultados de adaptación del material de obturación. Continúa siendo el tercio radicular el que influencia más en los resultados.

Son necesarios ulteriores estudios con el fin de mejorar la preparación de los conductos y su obturación sobre todo en la porción más apical del mismo.

**5**

# **BIBLIOGRAFÍA**

Abbott PV, et al. An SEM study of the effects of different irrigation sequences and ultrasonics. *Int Endod J*, 1991;24:308-16.

Aggarwal V, Logani A, Shah N. The evaluation of computed tomography scans and ultrasounds in the differential diagnosis of periapical lesions. *J Endod*, 2008;34:1312-5.

Ahlquist M, Henningsson O, Hultenby K, Ohlin J. The effectiveness of manual and rotary techniques in the cleaning of root canals: a scanning electron microscopy study. *Int Endod J*, 2001;34:533-7.

Al-Dewani N, Hayes SJ, Dummer PM. Comparison of laterally condensed and low-temperature thermoplasticized gutta-percha root fillings. *J Endod*, 2000;26:733-8.

Alhashimi RA, Manocci F, Foxton RM, Deb S. Synthesis and Preliminary Evaluation of a Polyolefin-based Core for Carrier-based Root Canal Obturation. *J Endod*, 2012;38:983-6.

Allan NA, Walton RC, Schaeffer MA. Setting times for endodontic sealers under clinical usage and in vitro conditions. *J Endod*, 2001;27:421-3.

Almenar AP. Técnica clásica de obturación radicular: Condensación Lateral de la Gutapercha. *Endod*, 2002;20:109-14.

Alves FRF. Compreendendo a etiologia microbiana das infecções endodônticas. *Rev. biociên. Taubaté*, 2004;10:67-71.

Arias AM, Azabal M, Hidalgo J J. Influencia de la vitalidad y dolor previo postoperatorio en endodoncia. *Endod*, 2001;19:281-3.

Asociación Española de Endodoncia. Glosario de terminología endodoncica. Madrid: Ergon. 2004.

Attin T, Buchalla W, Zirkel C, Lussi A. Clinical evaluation of the cleaning properties of the non instrumental technique for cleaning root canals. *Int Endod J*, 2002;35:929-33.

Augsburger RA, Peters DD. Radiographic evaluation of extruded obturation materials. *J Endod*, 1990;16:492-7.

Auschill TM, Hein N, Hellwig E, Follo M, Sculean A, Arweiler NB. Effect of two antimicrobial agents on early in situ biofilm formation. *J Clin Periodontol*, 2005;32:147-52.

Bal AS, Hicks ML, Barnett F. Comparison of laterally condensed .06 and .02 tapered gutta-percha and sealer in vitro. *J Endod*, 2001;27:786-8.

Balguerie E, Van der Sluis L, Vallaey K, Gurgel-Georgelin M, Diemer F. Sealer Penetration and Adaptation in the Dentinal Tubules: A Scanning Electron Microscopic Study. *J Endod*, 2011;37:1576–9.

Barbero I, Llena M C, Forner L, Miñana R. Aportación metodológica al estudio del sellado apical. *Endod*, 1999;17:83-9.

Barrieshi-Nusair KM, Hammad HM. Intracoronar sealing comparison of mineral trioxide aggregate and glass ionomer. *Quintessence Int*, 2005;36:539-45.

Barthel CR , Losche GM , Zimmer S, Roulet JT Dye penetration in root canal filed with AH 26 in different consistencies .*J Endod*, 1994;20:436-9.

Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation off our root canal irrigation regimens. *J Endod*, 1987;13:147–57.

Baumgartner JC, Cuenin PR. Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *J Endod*, 1992;18:605-12.

Bender IB, Seltzer S, Soltanoff W. Endodontic suces: a reappraisal of criteria. II. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1966;22:790-802.

Bernardes AR, de Amorin Campelo A, Silva S, et al. Evaluation of the flow rate of 3 endodontic sealers: sealer 26, AH Plus and MTA obtura. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2010;109:47–9.

Bevilacqua IM, Habitante SM, Cruz CW. Chlorexidine: one alternative in treatment of endodontic infections: a review of literature. *Rev. biociên. Taubaté*, 2004;10:139-45.

Bitter K, Paris S, Martus P, Schartner R, Kielbassa AM. A confocal laser scanning microscope investigation of different dental adhesives bonded to root canal dentine. *Int Endod J*, 2004;37:840-8.

Bitter K, Paris S, Mueller J, Neumann K and Kielbassa AM. Correlatiion of Scanning Electron and Confocal Laser Scanning Microscopic Analyses for Visualization of Dentin/ Adhesive Interfaces in the Root Canal. *J Adhes Dent*, 2009;11:7-14.

Blum JY, Cohem A, Machtou P, Micallef JP. Analysis of forces developed during mechanical preparation of extracted teeth using ProFile NiTi rotary instruments. *Int Endod J*, 1999;32:24-31.

Boiesen J, Brodin P. Neurotoxic effect of two root canal sealers with calcium hydroxide on rat phrenic nerve *in vitro*. *Endod Dent Traumatol*, 1991;7:242-5.

Bonnaccorso A, Tripi TR, Rondelli GG, Cantatore G, Schafer E. Pitting corrosion resistance of Nickel-titanium rotary instruments with different surface treatments in seventeen percent ethylenediaminetetraacetic acid and sodium chloride solutions. *J Endod*, 2008;34:208-11.

Boutsioukis C, Lambrianidis T, Kastrinakis E, Irrigant flow within a prepared root canal using various flow rates: a Computational Fluid Dynamics study. *Int Endod J*, 2009;42:144-55.

Bowman CJ, Baumgartner JC. Gutta-percha obturation of lateral grooves and depressions. *J Endod*, 2002;28:220-3.

Boyde A, Petran M, Hadavsky M, Benes J, Kucera R. The tandem scanning reflected light microscope (TSRLM). Pre-Micro 84 applications at UCL. *Proc R Microsc Soc*, 1985;20:130-9.

Branstetter J, von Fraunhofer A. The physical properties and sealing action of endodontic sealer cements: a review of the literature. *J Endod*, 1982;8:312-6.

Briseño B, Wolter D, Willershausen-Zönnchen B. Dimensional variability of nonstandardized greater taper finger spreaders with matching gutta-percha points. *Int Endod J*, 2001;34:23-8.

Brodin P, Røed A, Aars H, Orstavik D. Neurotoxic effects of root filling materials on rat phrenic nerve *in vitro*. *J Dent Res*, 1982;61:1020-3.

Bryant ST, Thompson SA, al-Omari MA, Dummer PM. Shaping ability of ProFile rotary nickel-titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals: Part 2. *Int Endod J*, 1998;31:282-9.

Buchanan LS. Continuous wave of obturation technique. *Endod Prac*, 1998;1:7-18.

Budd CS, Weller RN, Kulild JC. A comparison of thermoplasticized injectable gutta-percha obturation techniques. *J Endod*; 1991;17:260-4.

Burklein S, Hiller C, Huda M, Schafer E. Shaping ability and cleaning effectiveness of Mtwo versus coated and uncoated EasyShape instruments in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J*, 2011; 44:447-57.

Burleson A, Nusstein J, Reader A, Beck M. The in vivo evaluation of hand/rotary/ultrasound instrumentation in necrotic, human mandibular molars. *J Endod*, 2007;33:782-7.

Bystrom A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Scand J Dent Res*, 1981;89:321-28.

Calas P, Tierrie B. Empleo de las limas ultrasónicas en la preparación de conductos. *Endod*, 1990;8:3-15.

Calil E, Caldeira CL, Gavini G, Lemos EM. Determination of pulp vitality in vivo with pulp oximetry. *Int Endod J*, 2008;41:741-6.

Canalda Sahli C. Obturación de los conductos radiculares. En: Canalda Sahli C, Brau Aguadé E, editores. *Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas*. 2ª ed. Barcelona: Masson; 2006. p. 209-37.

Cenci MS, Tenuta LM, Pereira-Cenci T, Del Bel Cury AA, ten Cate JM, Cury JA. Effect of microleakage and fluoride on enamel-dentine demineralization around restorations. *Caries Res*, 2008;42:369-79.

Chailertvanitkul P, Saunders WP, Mackenzie D. An assessment of microbial coronal leakage in teeth root filled with gutta-percha and three different sealers. *Int Endod J*, 1996b;29:387-92.

Chohayeb AA, Tom C. Comparison of thermoplasticized gutta-percha root canal obturation technique to the lateral condensation. *NDA J*, 1995;46:18-21.

Clark-Holke D, Drake D, Walton RE, Rivera E, Guthmiller JM. Bacterial penetration through canals of endodontically treated teeth in the presence or absence of the smear layer. *J Dent*, 2003;31:275-81.

Clegg MS, Vertucci FJ, Walker C, Belanger M, Britto LR. The effect of exposure to irrigant solutions on apical dentin biofilms in vitro. *J Endod*, 2006;32:434-7.

Clinton K, Van Himel T. Comparison of a warm gutta-percha obturation technique and lateral condensation. *J Endod*, 2001;27:692-5.

Cobankara FK, Altinoz HC, Ergani O, Kav K, Belli S. In vitro antibacterial activities of root-canal sealers by using two different methods. *J Endod*, 2004;30:57-60.

Cobankara FK, Orucoglu H, Sengun A, Belli S. The quantitative evaluation of apical sealing of four endodontic sealers. *J Endod*, 2006;32:66-8.

Cohen BI, Pagnillo MK, Musikant BL, Deutsch AS. An in vitro study of the cytotoxicity of two root canal sealers. *J Endod*, 2000;26:228-9.

Cohen S, Schwartz S. Endodontic complications and the law. *J Endod*, 1987;13:191-200.

Coldero LG, McHugh S, MacKenzie D, Saunders WP. Reduction in intracanal bacteria during root canal preparation with or without apical enlargement. *Int Endod J*, 2002;35:437-46.

Combe EC, Cohen BD, Cummings K. Alpha and beta-forms of gutta-percha in products for root canal filling. *Int Endod J*, 2001;34:447-51.

Coolidge ED. Anatomy of the root apex in relation to treatment problems. *J Am Dent Assoc*, 1929;16:1456-65.

Coolidge ED. Past and present concepts in endodontics. *J Amer Dent Ass*, 1968;61:676-688.

Corona SA, Borsatto M, Dibb RG, Ramos RP, Brugnera A, Pecora JD. Microleakage of class V resin composite restorations after bur, air-abrasion or Er:YAG laser preparation. *Operative Dentistry*, 2001;26:491-7.

Costa M. Adaptación a las paredes de los conductos radiculares de tres sistemas endodóncicos de obturación. Tesis doctoral. Valencia: Universitat de València. 2009.

Curson I, Kirk EEJ. An assesment of root canal sealing cements. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 1968;26:229-36.

Czonstkowsky M, Michanowicz A. Evaluation of an injection of thermoplasticized low-temperature gutta-percha using radioactive isotopes. *J Endod*, 1985;11:71-4.

Dabas U, Dabas VK. Comparative study of sealing capabilities and adhesiveness on injectable root canal sealers using pressure syringe technique. *Indian J Dent Res*, 2001;3:151-8.

Dakin HD. On the use of certain antiseptic substances in the treatment of infected wounds. *Br Med J*, 1915;28:318-20.

Dalat DM, Spangberg LS. Comparison of apical leakage in root canals obturated with various gutta percha techniques using a dye vacuum tracing method. *J Endod*, 1994;20:315-9.

Dálpino PH, Pereira JC, Svizero NR, Rueggeberg FA, Pashley DH. Use of fluorescent compounds in assessing bonded resin-based restorations: a literature review. *J Dent*, 2006;34:623-34.

Damasceno JL, Silva PG, Queiroz ANFS, Vardasca de Oliveira PT, Pereira KFS. Estudo comparativo do selamento apical em canais radiculares obturados pelas técnicas cone único Protaper e termoplástica TC. *Rev Gaucha Odontol*, 2008;36:417-22.

Dandakis C, Kaliva M, Lambrianidis T, Kosti E. An in vitro comparison of the sealing ability of three endodontic sealers used in canals with iatrogenic enlargement of the apical constriction. *J Endod*, 2005;31:190-3.

Dawson AS, Cardaci SC. Endodontic versus implantology: To extirpate or integrate? *Austr Endod J*, 2006;32:57-63.

De Deus G, Q.D. *Endodontia*. 5ª ed., Rio de Janeiro: Ed. Medsi, 1992, pp.296-311.

De Deus G, Gurgel Filho ED, Ferreira CM, Coutinho Filho T. Intratubular penetration of root canal sealers. *Pesqui Odontol Bras*, 2002;16:332-6.

De Deus GA, Martins F, Lima AC, Gurgel-Filho ED, Maniglia CF, Coutinho-Filho T. Analysis of the film thickness of a root canal sealer following three obturation techniques. *Braz Oral Res*, 2003;17:119-25.

De Deus GA, Gurgel-Filho ED, Maniglia-Ferreira C, Coutinho-Filho T. The influence of filling technique on depth of tubule penetration by root canal sealer: a study using light microscopy and digital image processing. *Aust Endod J*, 2004;30:23-8.

De-Deus G, Gurgel-Filho ED, Magalhães KM, Coutinho- Filho T. A laboratory analysis of gutta-percha-filled area obtained Thermafil, System B and lateral condensation. *Int Endod J*, 2006;39:378-83.

De-Deus G, Reis C, Beznos D, de Abranches AM, Coutinho-Filho T, Paciornik S. Limited ability of three commonly used thermoplasticized gutta-percha techniques in filling oval-shaped canals. *J Endod*, 2008;34:1401-5.

De-Deus G, Reis C, Di Giorgi K, Brandão MC, Audi C, and Fidel S. Interfacial adaptation of the Epiphany self-adhesive sealer to root dentin Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2011;111:381-6.

De Deus G, Brandão MC, Leal F, Souza MN, Luna AS, Paciornik S, Fidel S. Lack of correlation between sealer penetration into dentinal tubules and sealability in nonbonded root fillings. Int Endod J, 2012;45:642-51.

Diaspro A, Robello M. Two-photon excitation of fluorescence for three-dimensional optical imaging of biological structures. Journal of Photochemistry and Photobiology B Biology, 2000;55:1-8.

Dibb RG, Corona SA, Borsatto MC, Ferreira KC, Ramos R, Pecora J. Assessing microleakage on class V composite resin restorations after Er:YAG laser preparation varying the adhesive systems. Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery, 2002;20:129-33.

Dörfer CE, Staehle HJ, Wurst MW, Duschner H, Pioch T. The nanoleakage phenomenon: influence of different dentin bonding agents, thermocycling and etching time. Eur J Oral Sci, 2000;108:346-51.

Doyle SL, Hodges JS, Pesun IJ, Law AS, Bowles WR. Retrospective cross sectional comparison on initial nonsurgical endodontic treatment and a single-tooth implant. J Endod, 2006;32:822-7.

Drake DR, Wiemann AH, Rivera EM, Walton RE. Bacterial retention in canal walls in vitro: Effect of smear layer. J Endod, 1994;20:78-82.

Dulac KA, Nielsen CJ, Tomazic TJ, Ferrillo PJ Jr, Hatton JF. Comparison of the obturation of lateral canals by six techniques. J Endod, 1999;25:376-80.

Duschner H, Ernst CP, Gotz H, Rauscher M: Advanced techniques of micro-analysis and confocal microscopy: perspectives for studying chemical and structural changes at the interface between restorative materials and the cavity wall. Adv Dent Res, 1995;9:355-62.

Eguchi DS, Peters DD, Hollinger JO, Lorton L. A comparison of the area of the canal space occupied by gutta-percha following four gutta-percha obturation techniques using procoseal sealer. J Endod, 1985;11:166-75.

- Ehrhardt IC, Zuolo ML, Cunha RS, De Martin AS, Kherlakian D, Carvalho MC, Bueno CE. Assessment of the Separation Incidence of Mtwo Files Used with Preflaring: Prospective Clinical Study. *J Endod*, 2012;38:1078–81.
- Elayouti A, Weiger R, Löst C. Frequency of overinstrumentation with an acceptable radiographic working length. *J Endod*, 2001;27:49-52.
- Erdemir A, Adani N, Belli S. In vitro evaluation effect of solvents on root canal sealers. *J Oral Sci*, 2003;45:123-6.
- Estrela C, Reis Bueno H, Rodriguez Leles C, Correa Azevedo J. Accuracy of cone beam computed tomography, and panoramic, and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *J Endod*, 2008;34:273-9.
- Evanov C, Liewher F, Buxton TB, Joyce AP. Antibacterial efficacy of calcium hydroxide and chlorhexidine gluconate irrigants at 37 degrees C and 46 degrees C. *J Endod*, 2004;30:653-7.
- Fairbourn DR, Mc Walter GM, Montgomery S. The effect of four preparation techniques on the amount of apically extrude debris. *J Endod*, 1987;13:102-8.
- Farzaneh M, Abitbol S, Lawrence HP, Friedman S. Treatment outcome in endodontics: The Toronto Study. Phase II: Initial Treatment. *J Endod*, 2004;30:302-9.
- Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Cagidiaco M, Mjorl. Bonding to root canal: structural characteristics of the substrate. *Am J Dent*, 2000;13:255-60.
- Ferrer CM, González S, Navajas JM. Estudio con microscopia electrónica de barrido de la acción de distintos irrigantes en la preparación de conductos radiculares. *Rev Eur Odonto-Estomatol*, 1993;6:313-20.
- Figueiredo JAP de, Estrela C. Obturação do canal radicular. En: Estrela C, Figueiredo JAP, editores. *Endodontia: princípios biológicos e mecânicos*. São Paulo: Artes Medicas; 1999. p. 656-90.
- Fornier L. *Tratamiento de los Procesos Odontodestructivos Amplios*. Valencia: Promolibro. 1996.
- Fornier L, Rodríguez A. 2003. *Patología Pulpo-periapical*. En: *Endodoncia. Consideraciones Actuales*. Caracas: Venezuela. p. 207-21.

Friedman CE, Sandrik JL, Heuer MA, Rapp GW. Composition and physical properties of gutta-percha endodontic filling materials. *J Endod*, 1977;3:304-8.

Gani O, Visvisian C, Rodrigo S, David O. Anatomía radiográfica de los conductos del primer molar inferior con especial referencia a sus curvaturas. *Endod*, 1993;11:65-73.

Gencoglu N, Samani S, Gunday M. Dentinal wall adaptation of thermoplasticized gutta-percha in the absence or presence of smear layer: a scanning electron microscopic study. *J Endod*, 1993;19:558-62.

Gençolu N, Garip Y, Bas M, Samani S. Comparison of different gutta-percha root filling techniques: Thermafill, Quick-fill, System B, and lateral condensation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2002;93:333-6.

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

Gharib SR, Tordik PA, Imamura GM, Baginski TA, Goodell GG. A confocal laser scanning microscope investigation of the epiphany obturation system. *J Endod*, 2007;33:957-61.

Gilhooly RM, Hayes SJ, Bryant ST, Dummer PM. Comparison of cold lateral condensation and a warm multiphase gutta-percha technique for obturating curved root canals. *Int Endod J*, 2000;33:415-20.

Glickman GN 1996. New technology in Endodontics. En: Walton R.E., Torabinejad M. Principles and practice of Endodontics. 2nd ed. Pennsylvania: W.B. Saunders Compay, p. 507-27.

Goddusi J, Dibaji F, Marandi S. Correlation between sealer penetration and microleakage following the use of MTAD as a final irrigant. *Aust Endod J*, 2010;36:109-13.

Goldberg F, Zmener O, Massone E, Pruskin E, Basrani E. Surface architecture of a low-temperature thermoplasticized gutta-percha. *Endod Dent Traumatol*, 1991;7:108-11.

Goldberg F. La obturación del conducto radicular: nuevos materiales y técnicas. *Rev Aten Argent Odontol*, 1996;35:5-9.

Goldberg F, Massone EJ, Esmoris M, Alfie D. Comparison of different techniques for obturating experimental internal restorative cavities. *Endod Dent Traumatol*, 2000;16:116-21.

Gordon TM, Damato D, Christner P. Solvent effect of various dilution of sodium hypochlorite. *J Endod*, 1981;7:466-9.

Gordon MPJ, Love RM, Chandler NP. An evaluation of .06 tapered gutta-percha cones for filling of .06 taper prepared curved root canals. *Int Endod J*, 2005;38:87-96.

Gound TG, Riehm RJ, Makkawy HA, Odgaard EC. A description of an alternative method of lateral condensation and a comparison of the ability to obturate canals using mechanical or traditional lateral condensation. *J Endod*, 2000;26:756-9.

Goya C, Yamazaki R, Tomita Y, Kimura Y, Matsumoto K. Effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation on smear layer at the apical stop and apical leakage after obturation. *Int Endod J*, 2000;33:266-71.

Granchi D, Stea S, Ciapetti G, Cavedagna D, Stea S, Pizzoferrato A. Endodontic cements induce alterations in the cell cycle of in vitro cultured osteoblasts. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 1995;79:359-66.

Grawerh M, Sener B, Waltimo T, Zehnder M. Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solution. *Int Endod J*, 2003;36:411-7.

Griffiths BM, Watson TF. Resin-dentin interface of scotchbond multi-purpose dentin adhesive. *Am J Dent*, 1995;8:212-6.

Grobler SR, Oberholzer TG, Rossouw RJ, Grobler-Rabie A, Van Wyk Kotze TJ. Shear bond strength, microleakage, and confocal studies of 4 amalgam alloy bonding agents. *Quintessence Int*, 2000;31:501-8.

Grossman LI, Shepard L, Pearson L. Roentgenologia and clinical evolution of endodontically treated teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 1964;17:368-73.

Grossman LI. Physical properties of root canal cements. *J Endod*, 1976;2:166-75.

Grossman LI: Endodontics. 11 ed. Philadelphia, Lea & Febiger, 1988.

Gulavibala K, Holt R, Long B. An in vitro comparison of thermoplasticised gutta-percha obturation techniques with cold lateral condensation. *Endo Dent Traumatol*, 1998;14:262-9.

Gunyakti N, Gur G, Solak H. In vitro investigation of gutta-percha amounts in different root obturation techniques. *Ankara Univ Hekim Fak Derg*, 1989;16:19-28.

Gutmann JL, Witherspoon DE. Sistemas de obturación de los canales radiculares limpios y conformados. En: Cohen S., Burns RC. Vías de la Pulpa. Madrid: Hartcourt, 1999; p. 258-361.

Haapasalo M, Ørstavik D. In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. J Dent Res, 1987;66:1375-9.

Haikel Y, Wittenmeyer W, Bateman G, Bentaleb A, Allemann C. A new method for the quantitative analysis of endodontic microleakage. J Endod, 1999;25:172-7.

Hannahan JP, Eleazer PD. Comparison of success of implants versus endodontically treated teeth J Endod, 2008;34:1302-4.

Hannig C, Hannig M, Rehmer O, Braun G, Hellwig E, Al-Ahmad A. Fluorescence microscopic visualization and quantification of initial bacterial colonization on enamel in situ. Arch Oral Biol, 2007;52:1048-56.

Harrison JW , Todd MJ. The effect of root resection on the sealing property of root canal obturations. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1980;50:264-72.

Hauser V, Braun A, Frentzen M. Penetration depth of a dye marker into dentina using a novel hidrodinamic ssystem. Int Endod J, 2007;40:644-52.

Heiling I, Chandler NP. The antimicrobial effect within dentinal tubules of four root canal sealers. J Endod, 1996;22:257-9.

Heiling I, Chandler NP. Antimicrobial effect of irrigant combinations within dentinal tubules. Int Endod J, 1998;31:8-14.

Hembrough MW, Steiman HR, Belanger KK. Lateral condensation in canals prepared with nickel titanium rotary instruments: an evaluation of the use of three different master cones. J Endod, 2002;28:516-9.

Hilton TJ. Can modern restorative procedures and materials reliably seal cavities? In vitro investigations. Part 2. Am J Dent, 2002;15:279-89.

Hovland E, Dumsha T. Leakage evaluation in vitro of the root canal sealer cement Sealapex. Int End J, 1985;18:179-82.

Hsieh KH, Liao KH, Lai EH, Lee BS, Lee CY, Lin CP. A novel poluurethane-based root canal-obturation material and urethane acrylated-based root canal sealer part I: synthesis and evaluation of mechanical and thermal properties. J Endod, 2008;34:303-5.

Hsu TS, Duh BR. Evaluation of the apical seal produced by a hybrid root canal filling method, combining lateral condensation and thermomechanical compaction. *Zhonghua YA Yi Hui Za Zhi*, 1988;7:97-104.

Hubscher W, Barbakow F, Peters OA. Root canal preparation with FlexMaster: canal shapes analysed by microcomputed tomography. *Int Endod J*, 2003;36:740-7.

Hulsmann M, Hahn W, Complication during root canal irrigation-literature review and case report. *Int Endod J*, 2000;33:186-93.

Hunter HA. The effect of gutta-percha, silver points, and Rickerts root sealer on bone healing. *J Canad Dent Ass*, 1957;23:385-87.

Huomonen S, Kvist T, Grondahl K, Molander S. Diagnostic value of computed tomography in re-treatment of root fillings in maxillary molars. *Int Endod J*, 2006;39:827-33.

Ingle JL. A standardized endodontic technique utilizing newly designed instruments and filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 1961;14:83-91.

Ingle JL, Beveridge E, Glick D, Weichman J. The Washington study. En: Ingle JI, Bakland LK, *Endodontics*. 4a ed. Malvern, EE.UU.: Williams & Wilkins; 1994: p. 25-44.

Iqbal MK, Kim S. A review of factors influencing treatment planning divisions of single-tooth implant versus preserving natural teeth with nonsurgical endodontic therapy. *J Endod*, 2008;34:519-29.

Jacobsen T, Finger WJ. Morphology of coupling sites between bonding agents and dentine in vivo and in vitro. *J Dentistry*, 1993;21:150-7.

Jafarzadeh H, Abbott PV. Review of pulp sensibility tests. Part II: electric pulp tests and test cavities. *Int Endod J*, 2010;43:945-58.

Jia WT, Alpert B. Root canal filling materials. United States Patent & Trademark Office, United States Application 20030113686, June 19, 2003.

Johnson I. Fluorescent probes for living cells. *Histochem J*, 1998;30:123-40.

Johnson WB. A new gutta-percha technique. *J Endod*, 1978;4:184-8.

Johnson WB, Gutmann JL. Obturación del sistema de conductos radiculares una vez limpios y remodelados. En: Cohen S, Hargreaves KM, editores. *Vías de la pulpa*. 9a ed. Madrid: Elsevier; 2007. p. 365-406.

Jorge EG, Tanomaru filho M, Gonçalves M, Tanomaru JMG. Detection of peripical lesion development by conventional radiography or computed tomography. *Oral Surg*, 2008;106:e56-61.

Kagayama M, Sasano Y, Sato H, Kamakura S, Motegi K, Mizoguchi I. Confocal microscopy of dentinal tubules in human tooth stained with alizarin red. *Anat Embryol (Berl)*, 1999;199:233-8.

Karagöz-Küçükay I, Bayirli G. An apical leakage study in the presence and absence of the smear layer. *Int Endod J*, 1994;27:87-93.

Kardon BP, Kuttler S, Hardigan P, Dorn SO. An in vitro evaluation of the sealing ability of a new root-canal-obturation system. *J Endod*, 2003;29:658-61.

Kataoka H, Yoshioka T, Suda H, Imai Y. Dentin bonding and sealing ability of a new root canal resin sealer. *J Endod*, 2000;26:230-5.

Kaya B, Kececi A, Belli S. Evaluation of the sealing ability of gutta-percha and thermoplastic synthetic polymer-based systems along the root canals through the glucose penetration model. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;104:e66-e73.

Kayat A , Lee ST , Torabinejad M. Human saliva penetration of coronally unsealed obturated root canal. *J Endod*, 1993;19:458-61.

Kazemi RB , Safavi KE , Spangberg LS. Dimensional changes of endodontic sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 1993;76:766-71.

Kennedy WA, Walter WA, Gough RW. Smear-layer removal effects on apical leakage. *J Endod*, 1986;12:21-7.

Kepner R, Pratt JR. Use of fluorochromes for direct enumeration of total bacteria in environmental samples: past and present. *Microbiol Rev*, 1994;58:603-15.

Khemaleelakul S, Baumgartner JC, Pruksakom S. Autoaggregation and coaggregation of bacteria associated with acute endodontic infections. *J Endod*, 2006;32:312-8.

Kleier DJ. Nonsurgical retreatment of a postsurgical endodontic failure. *J Endod*, 1984;10:577-9.

Kohara EK, Hossain M, Kimura Y, Matsumoto K, Inoue M, Sasa R. Morphological and microleakage studies of the cavities prepared by Er:YAG laser irradiation in primary teeth. *J Clin Laser Med Surg*, 2002;20:141-7.

Kokkas AB, Boutsoukias A, Vassiliadis LP, Stavrianos CK. The influence of the smear layer on dentinal tubule penetration depth by three different root canal sealers: an in vitro study. *J Endod*, 2004;30:100-2.

Kontakiotis EG, Wu M-K, Wesselink PR. Effect of sealer thickness on long-term sealing ability: a 2-year follow-up study. *Intl Endod J*, 1997;30:307-12.

Kopper PM, Figueiredo JA, Della Bona A, Vanni JR, Bier CA, Bopp S. Comparative in vivo analysis of the sealing ability of three endodontic sealers in post-prepared root canals. *Int Endod J*, 2003;36:857-63.

Krell K , Walton RE. Odontalgia: Diagnosing pulpal, periapical and periodontal pain. In: Clark J. *Clinical Dentistry*. Philadelphia, Harper & Row. 1986

Kuhn G, Jordan L. Fatigue and mechanical properties of nickel-titanium endodontics instruments. *J Endod*, 2002;28:716-20.

Kuhre AN, Keessler JR. Effect of moisture on the apical seal of laterally condensed gutta-percha. *J Endod*, 1993;19:277-80.

Kum KY, Kazemi RB, Chaby, Zhu Q. Smear layer production of K3 and ProFile NiTi rotary instruments in curved root canals: A comparative SEM study. *Oral Surg*, 2006;101:536-41.

Kuzekanani M, Walsh LJ, Yousefi MA. Cleaning and shaping curved root canals: Mtwo vs ProTaper instruments, a lab comparison. *Indian J Dent Res*, 2009;20:268-70.

LaCombe JS , Campell AD , Hicks L , Pelleu GB Jr. A comparison of the apical seal produced by two thermoplasticized injectable gutta-percha techniques *J Endod*, 1998;14:445-50.

Langeland K. Root canal sealants and pastes. *Dent Clin North Am*, 1974;18:309-27.

Lea CS. Comparison of the obturation density of cold lateral compactation versus warm vertical compactation using the continuous wave of condensation technique. *J Endod*, 2005;31:37-9.

Lee CQ, Chang Y, Cobb CM, Robinson S, Hellmuth EM. Dimensional stability of thermosensitive gutta-percha. *J Endod*, 1997;23:579-82.

Lee BS, Wang CY, Fang YY, Hsieh KH, Lin CVP. A novel urethane-based root canal sealer with improved degree of conversion, cytotoxicity, bond strengths, solubility and dimensional stability. *J Endod*, 2011;37:246-9.

Lee KW, Williams MC, Camps IJ, Pashley DH. Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. *J Endod*. 2002;28:684-8.

Leeb J. Canal orifice enlargement as related to biomechanical preparation. *J Endod*, 1983;9:463-70.

Leonard JE, Gutmann JL, Guo IY. Apical and coronal seal of roots obturated with a dentine bonding agent and resin. *Int End J*, 1996;29:76-83.

Lertchirakarn V, Timyam A, Messer HH. Effects of root canal sealers on vertical root fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Endod*, 2002;28:217-9.

Leung SF, Gulabivsls K. An in-vitro evaluation of the influence of canal curvature on the sealing ability of Thermafil. *Int Endod J*, 1994;27:190-6.

Levy G. Limpieza y conformación del conducto radicular con láser Nd:YAG: estudio comparativo. *Endod*, 1992;10:77-83.

Lin LM, Rosenberg PA, Lin J. Do procedural errors cause endodontic treatment failure? *J Am Dent Assoc*, 2005;136:187-93.

Llambés, G. Análisis de los sistemas adhesivos autograbantes sobre dientes sometidos a blanqueamiento. Tesis Doctoral. Valencia: Universitat de València. 2009.

Llena MC, Forner L. An unusual morphological anomaly in a incisor crown. Anterior dens evaginatus. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 2005;10:15-6.

Llena CP, Almenar AG, Forner LN y Lozano AA. Obturación de los conductos radiculares. En: Instrumental e instrumentación en Odontología Conservadora y en Endodoncia. Barcelona: Ediciones Especializadas Europeas; 2009: p. 80-2.

Lloyd A, Thompson J, Gutmann JL, Dummer PM. Sealability of the Trifecta technique in the presence or absence of a smear layer. *Int Endod J*, 1995;28:35-40.

Love RM. Regional variation in root dentinal tubule infection by *Streptococcus gordonii*. *J Endod*, 1996;22:290-3.

Love RM. Enterococcus faecalis, a mechanism for its role in endodontic failure. *Int Endod J*, 2001;34:399-405.

Love RM, Jenkinson HF. Invasion of dentinal tubules by oral bacteria. *Crit Rev Oral Biol Med*, 2002;13:171-83.

Love RM. Invasion of dentinal tubules by root canal bacteria. *Endodontics Topics*, 2004;9:52-65.

Low KMT, Dula K; Burgin W, Von Arx T. Comparison of periapical radiographic and limited cone-beam tomography in posterior maxillary teeth referred for apical surgery. *J Endod*, 2008;34:557-62.

Lucena C, Ferrer CM, González MP, Robles V, Navajas JM. A comparative study of apical leakage of endomethasone, Top Seal and Roeko Seal sealer cements. *J Endod*, 2002;28:423-6.

Lussi A, Nussbächer U, Grosrey J. Nueva técnica no instrumentada para limpiar el sistema de conductos radiculares. *Endod*, 1994;12:27-34.

Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod*, 1984;10:477-83.

Magura ME, Kafrawy AH, Brown CE, Newton CW. Human saliva and coronal microleakage in obturated root canals: an in vitro study. *J Endod*, 1991;17:324-31.

Mamootil K, Messer HH. Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. *Int Endod J*, 2007;40:873-81.

Mannocci F, Ferrari M. Apical seal of roots obturated with a dentine bonding agent and resin. *Int Endod J*, 1998;29:76-83.

Mannocci F, Bertelli E, Watson TF, Pitt Ford T. Ex vivo study of resin-dentin interfaces of endodontically treated restored teeth. *Am J Dent*, 2003;16:28-32.

Marin-Bauza GA, Rached-Junior FJ, Souza AE, Sousa MD, Miranda CE, Silva YT. Physicochemical properties of methacrylate resin-based root canal sealers. *J Endod*, 2010;36:1531-6.

Mason DJ, Lloyd D. Acridine orange as an indicator of bacterial susceptibility to gentamicin. *FEMS Microbiol Lett*, 1997;153:199-204.

Matsumoto, Ngai T. Factors affecting successful prognosis of root canal treatment. *J Endod*, 1987;13:239-42.

Mattison GD, Gholston LR, Boyd P. Orthodontic external resorption. Endodontic considerations. *J Endod*, 1983;9:253-63.

Mayer BE, Peters OA, Barbakow F. Effects of rotary instruments and ultrasonic irrigation on debris and smear layer scores: a scanning electron microscopy study. *Int Endod J*, 2002;35:582-9.

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

McMichen FRS, Pearson G, Rahbaran S, Gulabivala K. A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. *Int Endod J*, 2003;36:629-35.

Mc Spaddem JT. Self instruction manual. London,; Ash Dentsply, 1978.

Merdad K, Pascon AE, Kulkarni G, Santerre P, Friedman S. Short-term Cytotoxicity Assessment of components of the Epiphany Resin-percha obturating system by indirect and direct contact millipore filter assays. *J Endod*, 2007;33:24-7.

Miletic I, Jukic S, Anic I, Zeljezic D, Garaj-Vrhovac V, Osmak M. Examination of cytotoxicity and mutagenicity of AH26 and AH Plus sealers. *Int Endod J*, 2003;36:330-5.

Minsky M. Microscopy apparatus patent 3,013,467. (1961)

Minsky M. Memoir on inventing the confocal scanning microscope. *Scanning*, 1988;10:128-38.

Mjor IA, Smith MR, Ferrari M, Mannocci F. The structure of dentine in the apical region of human teeth. *Int Endod J*, 2001;34:346-53.

Montalván SS, Meneses A, Torres JP. Comparación microscópica de la adaptación del cono maestro de gutapercha con conicidades 2% y 6% *Rev Estomatol Herediana*, 2005;15:107-11.

Monticelli F, Sword J, Martin RL et al. Sealing properties of two contemporary single-cone obturatio systems. *Int Endod J*, 2007;40:374-85.

Moss HD, Allemang JD, Johnson JD. Philosophies and practices regarding the management of the endodontic smear layer: results from two surveys. *J Endo*, 2001;27:537-9.

Murat K, Darendeliler SY. Comparison of apical and coronal sealing in canals having tapered cones prepared with a rotary NiTi system and stainless steel instruments. *J of Oral Science*, 2009;51:103-7.

Nagayoshi M, Kitamura C, Fukuizumi T, Nishihara T, Terashita M. Antimicrobial effect of ozonated water on bacteria invading dentinal tubules. *J Endod*, 2004;30:778-81.

Nair PN. On the causes of persistent apical periodontitis: a review. *Int Endod J*, 2006;39:249-81.

Nassri MRG, Lia RC, Bombana AC. Analysis of the tissue answer regarding two root canal sealers. *J. Appl. Oral Sci*, 2003;11:9-14.

Nelson EA, Liewehr FR, West LA. Increased density of gutta-percha using a controlled heat instrument with lateral condensation. *J Endod*, 2000; 26:748-50.

Netuschil L, Reich E, Unteregger G, Sculean A, Brex M. A pilot study of confocal laser scanning microscopy for the assessment of undisturbed dental plaque vitality and topography. *Arch Oral Biol*, 1998;43:277-85.

Ng Y-L, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature—part 2. Influence of clinical factors. *Int Endod J*, 2008;41:6-31.

Nielsen BA, Baumgartner JC. Comparison of the Endo Vac system to needle irrigation of root canals. *J Endod*, 2007;33:611-5.

Oliver CM, Abbott PV. Correlation between clinical success and apical dye penetration. *Int Endod J*, 2001;34:637-44.

Olmos JL, Cárdenas ML, Dilascio PI. Irrigación de la dentina radicular, "in vivo", con hipoclorito de sodio y quelantes. Estudio con microscópio electrónico de barrido. *Endod*, 2000;18:207-14.

Ordinola-Zapata R, Monteiro CB, Graeff M, Perochena AC, Vivan RR, Camargo EJ, Brandão RG, Bernardineli N, James L. Gutmann, y Moraes I. Depth and percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal obturation using a lateral compaction technique: A confocal laser scanning microscopy study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2009;108:450-7.

Orts MT, Kessler F, Pacheco MC, Ruiz de Temiño P. Ultrasonidos en endodoncia: II parte. Aplicaciones clínicas. *Endod*, 1989;7:107-14.

Ostravik D, Eriksek HM, Beyer-Oesen EM. Adhesive properties and leakage of root canal sealers in vitro. *Int Endod J*, 1983;16:59-63.

Ørstavik D. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endod Top*, 2005;12:25-38.

Pacheco C. Diagnóstico del fracaso del tratamiento de los conductos radiculares. *Endod*, 1993;11:57-63.

Parmar D, Hauman CH, Leichter JW, McNaughton A, Tompkins GR. Bacterial localization and viability assessment in human ex vivo dentinal tubules by fluorescence confocal laser scanning microscopy. *Int Endod J*, 2011;44:644-51.

Patel DV, Sherriff M, Ford TR, Watson TF, Mannocci F. The penetration of RealSeal primer and Tubliseal into root canal dentinal tubules: a confocal microscopic study. *Int Endod J*, 2007;40:67-71.

Pawinska M, Kierklo A, Marczuk-Koala G. New technology in endodontics, the Resilon-Epiphany system for obturation of root canals. *Adv Med Sci*, 2006;51 Suppl 1:154-7.

Pecora JD, Cussioli AL, Guerisoli DM, Marchesan MA, SousaóNeto MD, Bruanera JA. Evaluation of ER:YAG laser and EDTAC on dentin adhesion of six endodontic sealers. *Braz Dent J*, 2001;12:27-30.

Peng L, Ling Y, Tan H, Zhou X. Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis. *J Endod*, 2007;33:106-9.

Pérez M, Clavero J, Ferrer CM, González MP. Apical seal comparison of low temperature thermoplasticized gutta-percha technique and lateral condensation with two different master cones. *Med Oral Pathol Oral Cir Bucal*, 2007;122:175-9.

Peters LB, Harrison JW. A comparison of leakage of filling materials in demineralized and non-demineralized resected root ends under vacuum and non-vacuum conditions. *Int Endo J*, 1992;25:373-8.

Peters LB, Wesselink PR, Buijs JF, Van Winkelhoff AJ. Viable bacteria in root dentinal tubules of teeth with apical periodontitis. *J Endod*, 2001;27:76-81.

Peters OA, Schonenberger K, Laib A. Effects of four NiTi preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computer tomography. *Int Endon J*, 2001;34:221-30.

Peters OA, Barbakow F. Dynamic torque and apical forces of profile .04 rotary instruments during preparation of curved canals. *Int Endod J*, 2002;35:379-89.

Peters OA, Roelicke JO, Baumann MA. Effect of immersion in sodium hypochloride on torque and fatigue resistance of nickel-titanium instruments. *J Endod*, 2007;33:589-93.

Pineda F. Conos de plata en endodoncia. Su desaparición como material de obturación. *Rev Eur Odont Estom*, 1994;6:177-80.

Pioch T, D'Souza PD, Staehle HJ, Duschner H. Resin-dentin interface studied by SEM & CLSM. *Micros Anal*, 1996;42:15-6.

Pioch T, Stotz S, Staehle HJ, Duschner H. Applications of confocal laser scanning microscopy to dental bonding. *Adv Dent Res*, 1997;11:453-61.

Pioch T, Stotz S, Buff E, Duschner H, Staehle HJ. Influence of different etching times on hybrid layer formation and tensile bond strength. *Am J Dent*, 1998;11:202-6.

Pioch T, Staehle HJ, Duschner H, Garcia-Godoy F. Nanoleakage at the composite–dentin interface: a review. *Am J Dent*, 2001;14:252-8.

Pioch T, Jakob H, Garcia-Godoy F, Gotz H, Dorfer CE, Staehle HJ. Surface characteristics of dentin experimentally exposed to hydrofluoric acid. *Eur J Oral Sc*, 2003;111:359-64.

Pitt TR. Relation between seal of root filling and tissue response. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 1983;55:291-394.

Pommel L, Camps J. In vitro apical leakage of system B compared with other filling techniques. *J Endod*, 2001;27:449-51.

Pommel L, Jacquot B, Camps J. Lack of correlation among three methods for evaluation of apical leakage. *J Endod*, 2001;27:347-50.

Pothukuchi K. Case assesment and treatment planning: What governs your decision to treat, refer or replace a tooth that potentially requires endodontic treatment? *Autr Endod J*, 2006;32:79-84.

Rapposch S, Zangerl P, Ginzinger W. Influence of fluorescence of bacteria stained with acridine orange on the enumeration of microorganisms in raw milk. *J Dairy Sci*, 2000;83:2753-8.

Roane JB. Preparo dos canais radiculares. In: De Deus Q.D. *Endodontia*. 5ª ed., Rio de Janeiro: Ed. Medsi, 1992, pp. 393-421.

Robertson DC, Leeb IJ. The evaluation of a transparent tooth model system for the evaluation of endodontically filled teeth. *J Endod*, 1982;8:317-20.

Rodríguez A. *Endodoncia. Consideraciones Actuales*. Madrid: Amolca S.L. 2003.

Romania C, Beltes P, Boutsoukis C, Dandakis C. Ex-vivo area-metric analysis of root canal obturation using gutta-percha cones of different taper. *Int Endod J*, 2009;42:491-8.

Rosales I, De la Torre J, Bravo M. Effect of pulp pressure on the Micropermeability and Sealing Ability of Etch & Rinse and Sel-etching Adhesives. *Oper Dent*, 2007;32:242-50.

Roydhouse RH. Penetration around the margins of restorations: Nature and significance. *J Can Dent Assoc*, 1968;34:21-8.

Ruff ML, Mc Clanahan SB, Babel BS. In vitro antifungal efficacy of four irrigants as a final rinse. *J Endod*, 2006;32:331-3.

Sabins RA, Johnson JD, Hellstein JW. A comparison of the cleaning ability of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod*, 2003;29:674-8.

Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo M, Ørstavik D. Survival of *Enterococcus faecalis* in infected dentinal tubules after root canal filling with different root canal sealers in vitro. *Int Endod J*, 2004;37:193-8.

Santos MC, Tadeu W, Reyes J. Nivel apical del tratamiento endodóntico. Revisión de literatura. *Endod*, 2008;26:104-9.

Saunders WP, Saunders EM. Effect of noncutting tipped instruments on the quality of root canal preparation using a modified double-flared technique. *J Endod*, 1992;18:32-6.

Saunders WP, Saunders EM. Coronal leakage as a cause of failure in root canal therapy: a review. *Endod Dent Traumatol*, 1994;10:105-8.

Saunders WP, Saunders EM. Comparison of three instruments in the preparation of the curved root canal using the modified double-flared technique. *J Endod*, 1994;20:440-4.

Schafer E, Erler M, Dammaschke T. Comparative study on the shaping ability and cleaning efficiency of rotary Mtwo instruments. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J*, 2006;39:203-12.

Schafer E, Oitzinger M. Cutting efficiency of five different types of rotary nickel–titanium instruments. *J Endod*, 2008;34:198-200.

Schilder H. Filling the root canal in three dimensions. *Dent Clin North Am*, 1967;11:723-44.

Schrader C, Ackermann M, Barbakow F. Step-by-step description of a rotary root canal preparation technique. *Int Endod J*, 1999;32:312-20.

Sen BH, Wesselink PR, Turkun M. The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *Int Endod J*, 1995;28:141-8.

Sen BH, Piskin B, Baran N. The effect of tubular penetration of root canal sealers on dye microleakage. *Int Endod J*, 1996;29:23-8.

Serene TP, Adams JD, Saxene A. Nickel-titanium instruments: applications in endodontics, St Louis, 1995, Ishiaku EuroAmerica.

Shipper G, Grossman ES, Botha AJ, Cleaton-Jones PE. Marginal adaptation of mineral trioxide aggregate (MTA) compared with amalgam as a root-end filling material: a low-vacuum (LV) versus high-vacuum (HV) SEM study. *Int Endod J*, 2004;37:325-36.

Shipper G, Teixeira FB, Arnold RR, Trope M. Periapical inflammation after coronal microbial inoculation of dog roots filled with Gutta-percha or Resilon. *J Endod*, 2005;31:91-5.

Shokouhinejad N, Sabeti M, Gorjestani H, Saghiri MA, Lotfi M, and Hoseini A. Penetration of Epiphany, Epiphany Self-Etch, and AH Plus into Dentinal Tubules: A Scanning Electron Microscopy Study. *J Endod*, 2011;37:1316-9.

Silva LAB, Perasi FT, Ito IY, Yamashita JC, Bonifácio KC, Tanomaru Filho M. A presença de fungos nas infecções endodônticas. *Rev Fac Odont*, 2000;12:62-66.

Simon JH. Preparo dos canais radiculares. In: De Deus Q.D. *Endodontia*. 5ª ed., Rio de Janeiro: Ed. Medsi, 1992, pp. 348-51.

Simon JHS, Enciso R, Malfaz JM, Roges R, Bailey-Perry M, Patel A. Differential diagnosis of large periapical lesions using cone-beam computed tomography measurements and biopsy. *J Endod*, 2006;32:833-7.

Sipert CR, Hussne RP, Nishiyama CK, Torres SA. In vitro antimicrobial activity of Fill Canal, Sealapex, Mineral Trioxide Aggregate, Portland cement and EndoRez. *Int Endod J*, 2005;38:539-43.

Siqueira JF Jr, Araujo MC, Garcia PF, Fraga RC, Dantas CJ. Histological evaluation of the effectiveness of five instrumentation techniques for cleaning the apical third of root canals. *J Endod*, 1997;23:499-502.

Siqueira JF Jr, Lima KC, Magalhaes F, Lopes HP, de Uzeda M. Mechanical reduction of the bacterial population in the root canal by three instrumentation techniques. *J Endod*, 1999;25:332-5.

Siqueira JF Jr, Favieri A, Gahyva SM, Moraes SR, Lima KC, Lopes HP. Antimicrobial activity and flow rate of newer and established root canal sealers. *J Endod*, 2000;26:274-7.

Siqueira JF, Roças IN, Abad EC, Castro AJR, Gahyva SM, Favieri A. Ability of three root-end filling materials to prevent bacterial leakage. *J Endod*, 2001;27:673-5.

Skinner RL, Himel VT. The sealing ability of injection-molded thermoplasticized gutta-percha with and without the use of sealers. *J Endod*, 1987;13:315-7.

Sluis LW, Versluis M, Wu M-K, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of literature. *Int Endod J*, 2007;40:415-26.

Smith RS, Weller RN, Loushine RJ, Kimbrough WF. Efecto de variar la profundidad de aplicación de calor sobre la adaptabilidad de la gutapercha durante la compactación vertical con calor. *Endod*, 2001;19:51-7.

So PT, Dong CY, Masters BR, Berland KM. Two-photon excitation fluorescence microscopy. *An Rev Biomed Eng*, 2000;2:399-429.

Spangberg LSW Instruments, materials and devices. In: Cohen S, Burns RC, eds. *Pathways of the Pulp*, 8th ed. St Louis: Mosby. 2002; pp. 543-4.

Stabholz A, Walton RE. Evaluating success and failure. In: Walton R.E., Torabinejad M. Principles and Practice of Endodontics. 2nd ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company. 1996. pp. 324-53.

Susini G, Pommel L, About I, Camps J. Lack of correlation between ex vivo apical dye penetration and presence of apical radiolucencies. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2006;102:e19-23.

Tagger M, Tagger E, Tjan AH, Bakland LK. Measurement of adhesion of endodontic sealers to dentin. J Endod, 2002;28:351-4.

Tagger M, Tagger E, Tjan AH, Bakland LK. Shearing bond strength of endodontic sealers to gutta-percha. J Endod, 2003;29:191-3.

Takashi K, Chul A, Song Z, Qiang Z, and Larz SW. Spångberg, Chronologic comparison of root dentin moisture in extracted human teeth stored in formalin, sodium azide, and distilled water. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2009;108:e50-e54.

Tan BT, Messer HH. The quality of apical canal preparation using hand and rotary instruments with specific criteria for enlargement based on initial apical file size. J Endod, 2002;28:658-64.

Tanomaru-Filho M, Tanomaru JM, Barros DB, Watanabe E, Ito IY. In vitro antimicrobial activity of endodontic sealers, MTA-based cements and Portland cement. J Oral Sci, 2007;49:41-5.

Tate WH, White RR. Desinfection of human teeth for educational purposes. J Dent Educ 1991;55:583-5.

Tauber R, Morse DR, Sinai IA, Furst ML. A magnifying lens comparative evaluation of conventional and ultrasonically energized filing. J Endod, 1983;9:269-74.

Tavares T, Soares IJ, Silveira NL. Reactions of rat subcutaneous tissue to implant of gutta-percha for endodontic use. Endod Traumatol, 1994;10:174-8.

Tay FR, Loushine RJ, Lambrechts P, Weller RN, Pashley DH. Geometric factors affecting dentin bonding in root canals: a theoretical modeling approach. J Endod, 2005a; 31:584-9.

Tay FR, Loushine RJ, Weller RN, Klmbrough WF, Pashley DH, Mak YF, *et al.* Ultrastructural evaluation of the apical seal in roots filled with a polycaprolactone-based root canal filling material. *J Endod*, 2005b;31:514-9.

Tay FR, Pashley DH, Loushine RJ, *et al.* Ultrastructure of smear layer-covered intradicular dentin after irrigation with biopure MTAD. *J Endod*, 2006;32:218-21.

Teixeira FB, Teixeira EC, Thompson JY; Trope M. Fracture resistance of roots endodontically treated with a new resin filling material. *J Am Dent Assoc*, 2004;135:646-52.

Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of ProFile .04 Taper Series 29 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 2. *Int Endod J*, 1997;30:8-15.

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

Tuncer K y Tuncer S. Effect of differernt final Irrigation Solutions on Dentinal Tubule Penetration Depth and Percentage of Root Canal Sealer. *J Endod*, 2012;38:860-3.

Vassiliadis LP, Sklavounos SA, Stavrianos CK. Depth of penetration and appearance of Grossman sealer in the dentinal tubules: an in vivo study. *J Endod*, 1994;20:373-6.

Vassiliadis L, Liolios E, Kouvas V, Economides N. Effect of smear layer on coronal microleakage. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 1996;82:315-20.

Veis A, Lambrianides T, Nicolaou A. Area-metric analysis of dye leakage for evaluation of sealing ability of root canal obturation techniques. *End Dent Traumatol*, 1996;12:222-6.

Venturi M, Prati C, Capelli G, Falconi M, Breschi L. A preliminary analysis of the morphology of lateral canals after root canal filling using a tooth-clearing technique. *Int Endod J*, 2003;36:54-63.

Venturi M, Breschi L. Evaluation of apical filling after warm vertical gutta-percha compaction using different procedures. *J Endod*, 2004;30:436-40.

Venturi M, Di Lenarda R, Prati C, Breschi L. An in vitro model to investigate filling of lateral canals. *J Endod*, 2005;31:877-81.

Versiani MA, Carvalho-Junior JR, Padilha MI, Lacey S, Pascon EA, Sousa-Neto MD. A comparative study of physicochemical properties of AH Plus and Epiphany root canal sealants. *Int Endod J*, 2006;39:464-71.

Villegas J, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. Quality of gutta-percha root canal filling using differently tapered gutta-percha master points. *J Endod*, 2005;31:111-3.

Vitkov L, Hannig M, Krautgartner WD, Herrmann M, Fuchs K, Klappacher M, *et al.* Ex vivo gingival-biofilm consortia. *Lett Appl Microbiol*, 2005;41:404-11.

Vire DE. Failure of endodontically treated teeth: Classification and evaluation. *J Endod*, 1991;17:338-42.

Von Fraunhofer JA, Fagundes DK, McDonald NJ, Dumsha TC. The effect of root canal preparation on microleakage within endodontically treated teeth: an in vitro study. *Int Endod J*, 2000;33:355-60.

Walton RE, Torabinejad M. *Endodoncia. Principios y práctica clínica.* México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V., 1991.

Walton RE, Rivera EM. Cleaning and Shaping. In: Walton RE, Torabinejad M. *Principles and practice of Endodontics.* 2nd. Pennsylvania: Saunders Company. 1996:201-30.

Walton R, Torabinejad M. *Principles and practice of endodontics.* 2nd ed. Mexico: McGraw-Hill Interamericana; 1998.

Watson TF. A confocal optical microscope study of the morphology of the tooth / restoration interface using Scotchbond dentin adhesive. *J Dent Res*, 1989;68:1124-31.

Watson TF. Applications of high speed confocal imaging techniques in operative dentistry. *Scanning*, 1994;16:168-173.

Watson TF, Boyde A. Tandem scanning light microscopy: applications in clinical dental research. *Scanning Microsc*, 1987;1:1971-81.

Watson TF, Boyde A. A status report on a new light microscopic technique for examining dental operative procedures and dental materials. *Am J Dent*. 1991;4:193-200.

Watson TF. Fact and artifact in confocal microscopy. *Adv Dent Res*, 1997;11:433-41.

Weine F, Brantley WA, Gerstein H. The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *J Endod*, 1975;1:255-62.

Weis MV, Parashos P, Messer HH. Effect of obturation technique on sealer cement thickness and dentinal tubule penetration. *Int Endod J*, 2004;37:653-63.

Weller RN, Kimbrough WF, Anderson RW. A comparison of thermoplastic obturation techniques: adaptation to the canal walls. *J Endod*, 1997;23:703-6.

Weston GD, Moule AJ, Bartold PM. A scanning electron microscopic evaluation of root surfaces and the gutta-percha interface following root-end resection in vitro. *Int Endod J*, 1999;32:450-8.

White RR, Goldman M, Lin PS. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *J Endod*, 1984;10:558-62.

White JG, Amos WB, Fordham M. An evaluation of confocal versus conventional imaging of biological structures by fluorescence light microscopy. *Journal Cell Biol*, 1987;105:41-8.

Whitworth JM, Boursin EM. Dissolution of root canal sealer cements in volatile solvents. *Int Endod J*, 2000;33:19-24.

Wilson B, Baumgartner J. Comparison of Spreader Penetration During Lateral Compaction of .04 and .02 Tapered Gutta-percha. *J Endod*, 2003;29:828-31.

Wolf DE. Fundamentals of fluorescence and fluorescence microscopy. *Methods Cell Biol*, 2003;72:157-84.

Wu MK, Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I: Methodology, application and relevance. *Int Endod J*, 1993;26:37-43.

Wu MK, Weeslink PR, Boersma J. A 1-year follow-up study on leakage of four root canal sealers at different thicknesses. *Int Endod J*, 1995;28:185-9.

Wu MK, Fan B, Wesselink PR. A Leakage along apical root filling in curved root canals. Part II : effects of apical transportation on seal of root fillings. *J Endod*, 2000;26:210-6.

Wu MK, Ozok AR, Wesselink PR. Sealer distribution in root canals obturated by three techniques. *Int Endod J*, 2000;33:340-5.

Wu MK, Wessenlik PR, Walton RE. Apical terminus location of root canaal treatment procedures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2000;89:99-103.

Wu MK, Kaut'áková A, Wesselink PR. Quality of cold and warm gutta-percha fillings in oval canals in mandibular premolars. *Int Endod J*, 2001;34:485-91.

Wu MK, van der Sluis LW, Wesselink PR. A preliminary study of the percentage of gutta-percha-filled area in the apical canal filled with vertically compacted warm gutta-percha. *Int Endod J*, 2002;35:527-35.

Wu MK, van der Sluis LWM, Ardila CN, Wesselink PR. Fluid movement along the coronal two-thirds of root fillings placed by three different gutta-percha techniques. *Int Endod J*, 2003;36:533-40.

Wu MK, Van der Sluis LWM, Wesselink PR. A 1-year follow-up study on leakage of single-cone fillings with RoekoRSA sealer. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2006;101:662-7.

Xu Q, Fan MW, Fan B, Cheung GS, Hu HL. A new quantitative method using glucose for analysis of endodontic leakage. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2005;99:107-11.

Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: part 3. *J Endod*, 1983;9:137-42.

Yates JL, Hembree JH. Microleakage of three root canal cements: one year study. *J Endod*, 1980;6:591-3.

Yee FS, Marlin J, Krakow AA, Gron P. Three dimensional obturation of the root canal using injection molded thermoplasticized dental gutta-percha. *J Endod*, 1977;3:168-74.

Yoshimine Y, Yamamoto M, Ogasawara T, Koishi Y, Tanabe K, Hashiguchi I, et al. In vitro evaluation of the cytocompatibility of a glass-ionomer cement sealer. *J Endod*, 2003;29:453-5.

Young-Mi Moon, Won-Jun Shon, Seung-Ho Baek. Effect of Final Irrigation Regimen on Sealer Penetration in Curved Root Canals. *J Endod*, 2010;36:732-6.

Youngson CC, Nattress BR, Manogue M, Speirs AF. In vitro radiographic representation of the extent of voids within obturated root canals. *Int Endod J*, 1995;28:77-81.

Younis O, Hembree JH. Leakage of different root canal sealants. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 1976;41:777-84.

Yucel AC, Ciftci A. Effects of different root canal obturation techniques on bacterial penetration. *Oral Surg Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2006;102:88-92.

Zamany A, Safavi K, Spangberg L. The effect of chlorhexidine as an endodontic disinfectant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2003;96:578-81.

Zapata RO, Moraes IG, Bernardineli N, *et al.* Confocal laser scanning microscopy is appropriate to detect viability of *Enterococcus faecalis* in infected dentin. *J Endod*, 2008;34:1198–201.

Zaura-Arite E, van Marle J, Cate JM. Confocal microscopy study of undisturbed and chlorhexidine-treated dental biofilm. *J Dent Res*, 2001;80:1436-40.

Zehnder M, Kosicki D, Luder H, Sener B, Waltimo T. Tissue dissolving capacity and antibacterial effect of buffered and unbuffered hypochlorite solutions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2002;94:756-62.

Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod*, 2006;32:389-98.

Zeliha Y, Behram T, Ozgur O, and Ahmet S. Microleakage evaluation of roots filled with different obturation techniques and sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2009;108:124-8.

Zhang C, Huang W, Sun Z, Hou B. A comparison of two gutta-percha master points consisting of different phases in filling of artificial lateral canals and depressions in the apical region of root canals when using a warm vertical compaction technique. *Int Endod J*, 2011;44:1041-6.

Zmener O, Campuzano A. Análisis de la adaptación de la gutapercha termoplastificada del sistema Thermafil a las paredes del conducto radicular. Un estudio in vitro. *Rev Asoc Odontol Argent*, 1998;86:26-9.

Zmener O, Perruchino R, Zacarías M. Análisis de la calidad de la obturación endodóntica obtenida por medio de dos técnicas de gutapercha termoplastificada. *Endod*, 2000;18:16-21.

**6**

**RESUMEN EM  
PORTUGUÊS**

## **6.1.-INTRODUÇÃO.**

### **6.1.1.- ETIOLOGÍA DAS LESÕES PULPARES PERIAPICAIS.**

A endodontia é a especialidade odontoestomatológica que se ocupa do estudo da morfologia, da fisiologia e da patologia da polpa dentária e dos tecidos periorradiculares, assim como do diagnóstico diferencial e do tratamento de tais doenças.

Os microorganismos são considerados os principais agentes etiológicos. A invasão microbiana produzirá uma lesão pulpar que pode ir de uma pulpite transitória até à necrose total da polpa. Quando as lesões pulpares são de carácter irreversível o tratamento endodôntico é necessário.

### **6.1.2.- O TRATAMENTO ENDODÔNTICO.**

#### **6.1.2.1.- INDICAÇÕES DO TRATAMENTO ENDODÔNTICO.**

A terapia endodôntica está indicada nas situações em que a polpa apresenta alterações degenerativas irreversíveis. Também está indicado com a polpa viva e saudável em certos procedimentos como os tratamentos cirúrgicos ou protéticos.

#### **6.1.2.2.- CONTRAINDICAÇÕES DO TRATAMENTO ENDODÔNTICO.**

O tratamento endodôntico não é aconselhado quando os canais apresentam uma morfologia que impossibilita chegar aos objectivos adequados, as raízes são incapazes de suportar um isolamento absoluto, por graves alterações periodontais e dentes com escasso valor funcional. Também há anomalias morfológicas que não precisam de tratamento endodôntico,

se são assintomáticas como o dente invaginado anterior e dentes com cáries não restauráveis.

### 6.1.2.3- CRITÉRIOS DE ÊXITO E FRACASSO NO TRATAMENTO ENDODÔNTICO.

O prognóstico depende de uma série de factores: Factores anatómicos, estados patológicos, factores de tratamento, acidentes no procedimento.

Estabelecem-se três critérios fundamentais para averiguar se o tratamento endodôntico foi bem sucedido: critério histológico, critério clínico e critério radiográfico.

### 6.1.2.4.- FASES DO TRATAMENTO ENDODÔNTICO.

#### **DIAGNÓSTICO.**

##### **Anamnese.**

Determina-se cronologicamente o motivo principal da consulta; a localização, origem, duração e carácter da dor.

##### **Exploração clínica básica.**

Procuraremos sinais através da inspecção, palpação e percussão.

##### **Exploração complementar.**

Como são as provas térmicas, provas eléctricas, radiografia, prova cavitária, prova da anestesia e fluxo pulpar.

#### **TRATAMENTO ENDODÔNTICO.**

Os objetivos do tratamento endodôntico consistem em limpar o sistema de canais radiculares o mais assepticamente possível, configurando tais canais de forma cónica desde o apex até à

porção coronal e obturá-los progressivamente de forma tridimensional, conseguindo um selamento completo do canal, que nos proporcione a recuperação histológica da patologia peripical.

### **Conformação radicular.**

Primeiro tem de ser feita a preparação do acesso seguido da determinação do comprimento do trabalho. Apesar das divergências observadas na literatura, parece que o nível adequado do fim da preparação seria aquele situado o mais próximo possível da constricção apical uma vez que é o ponto mais estreito do conduto radicular. Há que evitar instrumentar mais além do foramen apical, já que diminui o índice dos éxitos.

A preparação biomecânica ou instrumentação com limas, sistemas rotatórios ou ultrassons pretendem conseguir um completo desbridamento e a remoção dos tecidos pulpaes vivos ou necróticos e da dentina infectada dos canais radiculares assim como uma conformação adequada dos mesmos para facilitar a sua obturação.

As limas endodônticas estão estandardizadas. A conicidade dos instrumentos é de 0,02 %. Com a incorporação das limas de níquel-titano o desenho dos instrumentos em relação à sua conicidade, comprimento de superfície cortante e desenho da ponta.

Os instrumentos do sistema rotatório Mtwo apresentam uma secção em forma de S, com duas bordas cortantes com um ângulo positivo. A série básica são 8 instrumentos com conicidades entre 4 e 7% e calibres entre 10 e 40.

As técnicas básicas de preparação dos condutos radiculares podem ser classificadas como técnica corono-apical ou *crow-down*, ápico-coronal ou *step-back* e técnicas híbridas.

A maioria dos sistemas que utilizam limas rotatórias realizam a técnica *crow-down*, pois reduzem as forças de torção e minimizam o risco da sua fractura. Através da técnica de *crow-*

*down* tem-se um melhor controlo sobre os instrumentos diminuindo a probabilidade de produzir alterações durante a instrumentação.

A técnica simultânea consegue desde a primeira lima, uma preparação ao mesmo tempo de todo o comprimento do conduto sem alargamento prévio do terço coronário. Isto consegue-se através da utilização de limas mecânicas do sistema Mtwo.

Independentemente da técnica escolhida, a preparação do conduto deve satisfazer os seguintes objectivos: respeitar a localização original do canal, configurá-lo de forma cónica e criar apicalmente um estreitamento que ao mesmo tempo resista à condensação do material de obturação e impeça a sua extrusão.

Outras técnicas de instrumentação utilizam instrumentos sónicos e ultrassónicos, laser, e inclusive uma técnica não instrumentada.

Os objectivos da irrigação endodôntica são de dois tipos: objectivos mecânicos, que consistem na eliminação dos detritos produzidos durante a instrumentação, lubrificar o canal radicular e a dissolução dos tecidos; e o objectivo biológico, que é a eliminação do maior número de microorganismos.

Os irrigantes mais utilizados na actualidade são o hipoclorito de sódio, a clorhexidina e o ácido etilendiamino tetra acético (EDTA).

O hipoclorito de sódio foi definido como o agente irrigante mais indicado para o tratamento endodôntico. As concentrações utilizadas no tratamento endodôntico variam desde 0,5% até 6%. Quanto maior a sua concentração maior será a sua eficácia, mas a sua agressividade também aumenta. O hipoclorito de sódio elimina muito pouco a lama dentinária por si só.

A clorhexidina é um agente antimicrobiano de amplo espectro, cujo uso como irrigante endodôntico está baseado na sua substantividade.

O efeito das substâncias quelantes consiste em ajudar a permeabilizar os condutos radiculares estreitos, curvos e calcificados. Desde 1957 o EDTA têm sido utilizado como quelante. Ainda que a maioria dos investigadores recomendem eliminar a lama dentinária, não existe um critério unânime a favor ou contra da sua permanência.

Numa revisão de artigos sobre soluções irrigantes, concluiu-se que as soluções de hipoclorito de sódio são imprescindíveis para a dissolução do tecido pulpar assim como por sua acção antibacteriana. As soluções quelantes são necessárias para a prevenção e eliminação da camada residual. As soluções de clorhexidina a 2% são um complemento, especialmente nos retratamentos.

A irrigação activada tanto sónica como ultrassónica, mostraram ser superiores quando foram comparadas com a irrigação passiva.

### **Obturação.**

A obturação consiste em introduzir uns materiais que selem totalmente a luz do canal radicular com o propósito de fechá-lo nos dois extremos e torná-lo impermeável, impedindo a passagem de substâncias através do mesmo.

Num estudo sobre as causas de êxito e fracasso endodôntico, considerou-se que a maioria dos fracassos devia-se a uma obturação deficiente dos canais, que estaria favorecida pela complexidade da anatomia radicular.

Actualmente não há nem material nem técnica que sele de forma previsível o sistema de canais radiculares.

As propriedades ideais de um material de obturação radicular foram citadas por Grossman em 1940.

Os materiais utilizados na obturação dos condutos incluem um material de núcleo sólido ou semi-sólido (gutta-percha, Resilom) e cimentos obturadores (Óxido de zinco e eugenol, hidróxido de cálcio, ionómero de vidro, silicones, resinas plásticas, resinas hidrofílicas, modificações da gutta-percha, agregados de minerais e poliésteres).

Há muito tempo que a gutta-percha é utilizada como material de obturação dos canais radiculares devido às suas propriedades: é fácil de manipular, pela sua visco-elasticidade, o que facilita a sua adaptação às paredes do canal, e pela sua biocompatibilidade. Para além disso é radiopaca, não tinge os tecidos dentários e elimina-se facilmente do canal. Contudo a sua escassa capacidade adesiva torna necessário o uso de um cimento obturador para conseguir um selamento hermético e tridimensional. As propriedades da gutta-percha possibilitam o seu uso nas diferentes técnicas de obturação endodôntica.

Os cones de gutta-percha podem ser standardizados ou não. Os standardizados têm tamanhos ISO (International Standard Organization), e estão relacionados com o tamanho das limas endodônticas manuais desde o número 15 ao 140 e com uma conicidade de 0,02. Com o desenvolvimento das novas técnicas de obturação, ressurgiu o interesse dos cones não standardizados, para além disso, com o aparecimento das limas mecânicas de Ni-Ti, cuja conicidade é superior à standard, e com intenção de facilitar e melhorar a obturação radicular, os fabricantes lançaram no mercado cones de gutta-percha para uso como cone principal de obturação com a conicidade idêntica à última lima apical, adquirindo estas umas conicidades de 0,04 e 0,06%.

Os cimentos obturadores são materiais que servem para selar as interfaces existentes no interior do canal radicular. A maioria dos cimentos são biocompatíveis.

Quanto maior for o seu escoamento maior será a sua capacidade de penetração nos túbulos dentinários, o que é especialmente benéfico ao bloquear as bactérias remanescentes.

Siqueira e cols., comprovaram que o cimento selador à base de resina AH Plus tinha valores de fluidez significativamente maiores que o resto de cimentos obturadores testados (Grossman Sealer, ThermaSeal, Sealer 26 e SealerPlus).

As resinas epoxy possuem uma aderência excelente, podendo reticular-se com outros materiais. Para além disso, formam macromoléculas de um apreciável comprimento, cujos elos estão unidos com forças consideráveis. Estas duas características conferem à resina epóxica uma grande estabilidade. Esta melhor adesão à dentina foi confirmada por diferentes trabalhos.

A técnica de condensação lateral, é a técnica mais utilizada por todos os endodontistas devido à sua simplicidade, e utiliza-se como padrão de referência para comparar outras técnicas de obturação.

Schilder introduziu a técnica da condensação vertical, que posteriormente foi modificada por Buchanan, dando lugar à técnica da onda contínua. Estas técnicas termoplásticas conseguem uma melhor obturação dos canais laterais.

Mc Spadem introduziu a técnica termomecânica que é uma técnica de cone único, que plastifica e condensa a gutta-percha pelo calor produzido pelo atrito mecânico.

Yee e cols., aqueciam a gutta-percha fora do conduto radicular e posteriormente injectavam e condensavam-na apicalmente por meio de condensadores. Esta técnica apresenta dificuldades no controlo apical de tal forma que utiliza-se em combinação com outras técnicas.

O sistema transportador de gutta-percha, Thermafil, introduzido por Johson, utilizava um vástago de aço recoberto por gutta-percha, que se amolecia antes de o introduzir no canal radicular. Actualmente existem vários sistemas de obturação por transportadores.

Na técnica do cone único, como bem indica o seu nome, oblitera-se o canal radicular por meio de um único cone e cimento obturador.

Nas técnicas mistas combinam-se vários métodos de obturação como pode ser a condensação lateral em frio e a injeção termoplástica.

### **6.1.3.- PROCEDIMENTOS PARA O ESTUDO DA ADAPTAÇÃO DA OBTURAÇÃO ÀS PAREDES DO CANAL RADICULAR.**

As experiências *in vitro* que utilizam dentes humanos extraídos para ensaiar técnicas e comparar materiais é uma prática comum nos trabalhos de investigação.

#### **6.1.3.1.- ESTUDOS DE INFILTRAÇÃO.**

Utilizaram-se diferentes métodos para a elaboração da filtração: filtração por tintas, filtração de fluidos, penetração bacteriana, tingir com isótopos radioactivos, testes electromecânicos e filtração de glucose.

#### **6.1.3.2.- ESTUDOS SOBRE SECÇÕES DENTARIAS.**

Certos autores, recorrem para a visualização da filtração à secção longitudinal da raiz, dividindo o dente em dois; mas deste modo só é possível analisar parcialmente porque permanece uma parte do contorno inacessível à exploração. Portanto outros autores utilizam cortes transversais o que os permite estudar a totalidade do perímetro.

#### **6.1.3.3.- DIAFANISAÇÃO.**

Barbero e cols., destaca a vantagem da técnica da diafanisação ao compará-la com as duas técnicas (cortes e desgastes) aplicadas ao estudo da filtração apical com corantes.

Consideram que o primeiro método é mais preciso e proporciona maior informação sobre a morfologia e obturação do canal, ainda que consuma mais tempo na preparação das amostras.

#### 6.1.3.4.- MICROSCOPIA CONFOCAL.

Actualmente, os métodos mais empregues para avaliar a adaptação dos materiais às paredes do canal e a sua penetração no interior dos túbulos dentinários são o microscópio electrónico de varrimento e de transmissão. Mas estes métodos necessitam do processamento das amostras, o que pode alterar as características dos espécimes.

A introdução do microscópio confocal laser por rastreio, usado em combinação com tintas fluorescentes, proporcionou uma nova técnica para a visualização de estruturas de adesão. A fluorescência definimo-la como a luminiscência cuja luz, dentro do espectro visível, é emitida por uma substância como consequência de um estímulo ou excitação de alta energia, por uma radiação de baixo comprimento de onda.

A técnica de microscopia confocal utiliza uma combinação entre recursos de microscopia óptica e princípios fisico-químicos e informáticos para a aquisição e o processamento das imagens. O sistema utiliza uma fonte de laser para promover a excitação de fluoróforos.

A rodamina B é um fluorocromo formado por moléculas indissociáveis, eléctricamente neutras que são insolúveis em água e extremamente solúveis em componentes orgânicos. A rodamina B é o fluorocromo mais utilizado, eficaz a uma concentração muito baixa. Outros corantes fluorescentes são a fluoresceína e a laranja de acridina.

Comparado com o microscópio electrónico de varrimento e os métodos histológicos, o microscópio confocal tem a vantagem de proporcionar informação detalhada sobre a presença e distribuição dos seladores ou adesivos dentinários dentro dos túbulos na

totalidade da circunferência das paredes radiculares a um aumento tão pequeno como x50-x100, através da utilização de seladores marcados com pigmentos fluorescentes.

#### **6.1.4.- OBJECTIVOS.**

##### **6.1.4.1.- OBJECTIVO PRINCIPAL.**

Analisar as interfaces dentina/materiais de obturação dos dentes obturados com cones de gutta-percha de diferente conicidade utilizando três técnicas diferentes de obturação através da utilização do microscópio confocal laser.

##### **6.1.4.2.- OBJECTIVOS ESPECÍFICOS.**

**1.** Medir a percentagem de adaptação perimetral (considerada como a zona na que se observa penetração de cimento endodôntico nos túbulos dentinários) e a profundidade máxima de penetração do material de obturação nos túbulos dentinários nos terços coronário, meio e apical das espécies obturadas com os seguintes materiais e com as técnicas que se enumeram de seguida:

Cones de gutta-percha de conicidade normalizada através da técnica de obturação da condensação lateral.

Cones de gutta-percha de conicidade aumentada através da técnica de obturação da condensação lateral.

Cones de gutta-percha de conicidade normalizada através da técnica mista.

Cones de gutta-percha de conicidade aumentada através da técnica mista.

Cones de gutta-percha de conicidade normalizada através da técnica da onda contínua.

Cones de gutta-percha de conicidade aumentada através da técnica da onda contínua.

2- Comparar os resultados proporcionados pelos distintos procedimentos de obturação estudados.

## **6.2.- METODOLOGIA.**

### **6.2.1.- PLANEAMENTO GERAL.**

Analizou-se a adaptação do cimento endodôntico marcado com um fluorocromo às paredes dos canais radiculares e a sua penetração nos túbulos dentinários. A observação fez-se sobre dentes previamente extraídos, cujos conductos foram instrumentados com o sistema de limas endodônticas Mtwo, e depois obturados com três técnicas de obturação (condensação lateral, técnica mista e por onda contínua) utilizando pontas de gutta-percha de conicidades normalizada e aumentada.

### **6.2.2- AMOSTRA.**

#### **6.2.2.1- TAMANHO.**

60 canais radiculares, provenientes de dentes humanos nos quais estava indicada a sua extração (patologia cariosa, patologia periodontal, tratamento ortodôntico, dentes inclusos). Após a extração, os dentes foram armazenados numa solução de nitrato de sódio a 0,2%.

#### **6.2.2.2- CRITÉRIOS DE INCLUSÃO.**

Dentes humanos permanentes uni ou multiradiculares.

Canais com morfologia tipo I de Wein.

Ápex maduro.

Canal permeável em todo o seu comprimento.

### 6.2.2.3- CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO.

Defeitos morfológicos e estruturais.

Reabsorções radiculares.

Canais calcificados.

### 6.2.3.- MATERIAIS.

#### 6.2.3.1.- PREPARAÇÃO DA AMOSTRA.

- As raízes foram limpas com ultrasons (Satelec Acteon Group, Merignac, França) (ponta Satelec-Suprasson número 1) e curetadas com uma cureta periodontal 1/2 para dentes anteriores (Hu Friedy, Illinois, EUA).
- Os dentes foram radiografados com o aparelho de raios X Kodak 2100 (Kodak Dental Systems, Atlanta, EUA) num sensor digital Trophy RVG Ultimate 6100 (Kodak Dental Systems, Atlanta, EUA) e as imagens armazenadas num software de imagens dentárias Kodak (Kodak Dental Systems, Atlanta, EUA).
- Os dentes foram seccionados com um disco diamantado 910P (Drewdel-Zweilinf, Berlin, Alemanha) montada numa peça de mão Kavo (Kavo, Biberach, Alemanha).

#### 6.2.3.2.- INSTRUMENTAÇÃO.

- Os canais foram localizados e permeabilizados com limas K flexofile número 10 (Dentsply Maillefer, Baillagues, Suíça) e com a ajuda do lubrificante SlickGel ES (SybronEndo Company, Orange, CA, EUA).
- Os canais foram instrumentados pelo sistema de limas rotatórias níquel-titânio Mtwo (VDW, Munich, Alemanha). Utilizou-se um contra ângulo 16:1 para o motor X-Smart (Dentsply Maillefer, Baillagues, Suíça) juntamente com o motor X-Smart (Dentsply Maillefer, Baillagues, Suíça).

- Os canais foram irrigados por uma agulha Mirajet Endo-Luer de 0,5-40 mm. (Hager werken, Duisburg, Alemanha), com hipoclorito de sodio a 5,25%. (feito no laboratório da faculdade), EDTA a 17% (feito no laboratório da faculdade) e soro fisiológico (NaCl 0,9%) (B. Braun Medical, Queluz de Baixo, Portugal).
- Os canais foram secos com jacto de ar e cones de papel (VDW, Munique, Alemanha).

#### 6.2.3.3.- OBTURAÇÃO.

- O cimento endodôntico utilizado foi o AHPlus (Dentsply, Konstanz, Alemanha), que foi misturado com uma espátula de manipulação (Bomtempo, Milan, Itália) sobre uma placa de vidro.
- O cimento selador foi pigmentado pelo fluorocromo rodamina B ( $C_{28}H_{31}ClN_2O_3$ ) (Sigma-Aldrich, St. Louis, EUA).
- A aplicação do selador foi realizada com um lântulo nº 35 (Zipperer-VDW, Munique, Alemanha).
- Os canais radiculares foram obturados com gutta-percha normalizada de conicidade 0,02% (VDW, Munique, Alemanha), gutta-percha Mtwo de conicidade aumentada 35 / 0,04% (VDW, Munique, Alemanha) e cartuchos de gutta-percha Elements (SybronEndo Company, Glendora, EUA). Com a ajuda de espaçadores digitais de níquel-titânio dos números 20 e 30 (Dentsply Maillefer, Baillagues, Suíça), atacadores de Buchanan (SybronEndo Company, Orange, CA, EUA) e com o sistema de obturação EOU (SybronEndo Company, Orange, CA, EUA).

#### 6.2.3.4.- PREPARAÇÃO DAS ESPÉCIES.

- Os espécimes foram colocadas numa estufa Memmert BE 500 (Memmert, Heilbronn, Alemanha) para o cimento obturador tomar presa.
- As raízes foram incluídas em blocos de resina (Struers, Ballerup, Dinamarca).
- As raízes seccionaram-se com micrótopo Isomet, (Isomet, Buehler, IL, EUA).
- As secções obtidas foram coladas com Entellan (Merck, Danmstadt, Alemanha), meio de montagem rápido para microscopia, sobre uma lâmina de vidro.

- Os espécimes foram polidas com discos de polimento Sof-Lex (3M ESPE, Seefeld, Alemanha).

#### 6.2.3.5- ANÁLISE MICROSCÓPICA E OBTENÇÃO DE IMAGENS.

- Os espécimes foram analisadas com um microscópio confocal laser invertido Leica TCS SP2 (Leica Microsystems, Mannheim, Alemanha).

- As imagens foram obtidas e analisadas usando o programa informático Leica Confocal Software (Leica Microsystems, Heidelberg, Alemanha) versão 2.6 Build 1538 Lcs Lite.

#### 6.2.4.- MÉTODOS.

##### 6.2.4.1.- MANOBRAS PRÉVIAS.

Para o estudo foram utilizados 60 canais radiculares pertencendo a dentes humanos previamente extraídos, que cumpriam os critérios de inclusão-exclusão previamente estabelecidos. Os dentes foram armazenados numa solução de nitrato de sódio a 0.2%, onde foram mantidos até 2 dias antes da sua manipulação. Posteriormente foram lavados com água da torneira e mantidos em soro fisiológico até à sua utilização.

Foram realizadas duas radiografias digitais com o aparelho de raios-X Kodak 2100 sobre o sensor digital Trophy RVG Ultimate 6100 a cada dente para verificar a existência de um único canal, através de duas projecções vestibulo-lingual e mesiodistal. As imagens foram visualizadas e armazenadas num software de imagens dentárias. Os dentes cujos canais não foram visíveis radiograficamente foram rejeitados.

Para normalizar as mostras, mediram-se 12 mm. desde o apex de cada raiz. Seccionaram-se as raízes a essa altura, perpendicularmente ao seu maior eixo e utilizando um disco diamantado 910P com refrigeração contínua com água. Depois de serem limpas com

ultrassons e curetadas com uma cureta periodontal Gracey 1/2, as raízes foram imersas numa solução de hipoclorito de sódio a 6% durante 15 minutos para remover o material orgânico que pudesse ter ficado na superfície das raízes.

#### 6.2.4.2.- INSTRUMENTAÇÃO.

Para explorar e reconhecer a anatomia interna dos conductos utilizou-se uma lima K-10 Flexofile que foi introduzida em cada um dos canais, utilizando SlickGel ES como lubrificante. Quando a ponta da lima foi visível no foramen apical, o topo da borracha foi ajustado na borda da raiz e esse comprimento foi medido. O comprimento do trabalho estabeleceu-se retirando 0,5 mm. a essa medida.

Os canais foram instrumentados através da técnica simultânea, utilizando o sistema de limas rotatórias de (NiTi) Mtwo. Utilizou-se uma peça de mão com uma redução de 16:1 juntamente com um motor eléctrico X-Smart a 280 rpm. Cada lima foi usada com o torque recomendado pelo fabricante:

lima nº 10/0.4 a 120 g.cm (1,2 N.cm)

lima nº 15/0.5 a 130 g.cm (1,3 N.cm)

lima nº 20/0.6 a 210 g.cm (2,1 N.cm)

lima nº 25/0.6 a 230 g.cm (2,3 N.cm)

lima nº 30/0.5 a 125 g.cm (1,2 N.cm)

lima nº 35/o.4 a 120 g.cm (1,2 N.cm)

A sequência utilizada foi a seguinte:

1 Lima Mtwo 10, de conicidade 0,04%

2 Lima Mtwo 15, de conicidade 0,05%

3 Lima Mtwo 20, de conicidade 0,06%

4 Lima Mtwo 25, de conicidade 0,06%

5 Lima Mtwo 30, de conicidade 0,05%

6 Lima Mtwo 35, de conicidade 0,04%

Todas as limas foram utilizadas ao comprimento de trabalho. a permeabilidade do foramen apical foi mantida passando uma lima K de calibre nº 10 entre cada lima do sistema Mtwo. Utilizou-se um jogo de limas para cada grupo de estudo, e foi realizada por um único operador.

Durante a instrumentação e após a utilização de cada lima, os canais foram irrigados através de uma agulha Mirajet endo-luer de 0,5-40 mm. com 1,8 ml. de hipoclorito de sodio a 5,25%. Acabada a instrumentação, foram irrigados com EDTA ao 17%, o qual deixou-se actuar dentro dos canais durante três minutos, ao fim dos quais irrigou-se novamente com hipoclorito de sódio a 5,25% e uma última irrigação com 5 mml se soro fisiológico (NaCl 0,9%). Os canais foram secados com jato de ar, comprovando com cones de papel a ausência de humidade nos canais. Após a preparação e antes da obturação, as espécies foram mantidas numa compressa com soro salino.

#### 6.2.4.3.- OBTURAÇÃO.

As raízes instrumentadas foram divididas aleatoriamente em 6 grupos experimentais de 10 exemplares cada um. O cimento endodôntico utilizado em todos os grupos foi o AHPlus que foi misturado com a ajuda de uma espátula de manipulação sobre uma placa de vidro, adicionando nesse momento a rodamina B a uma concentração de 0,1%. Este fluorocromo permite o seu reconhecimento pelo microscópio confocal laser, oferecendo uma imagem de cor vermelha. Após a selecção do cone principal de gutta-percha, aplicou-se o selador por meio de um lântulo.

As raízes foram distribuídas da seguinte forma:

Grupo I: Os 10 canais radiculares foram obturados com gutta-percha de conicidade normalizada através da técnica de condensação lateral. Um cone de gutta-percha 35 de 0.02% de conicidade foi inserido dentro do canal até ao comprimento de trabalho. Introduziu-

se um espaçador digital de níquel-titânio del número 20 a 1 mm menos do comprimento do trabalho, preenchendo o espaço criado por um cone de gutta-percha acessório número 15. Esta operação repetiu-se até que o espaçador digital entrasse apenas no terço coronário do canal. Um instrumento metálico quente foi utilizado para remover os excessos de gutta-percha coronário e posteriormente compactada verticalmente com um condensador de Buchanan.

Grupo II: Os 10 canais radiculares foram obturados com gutta-percha de conicidade aumentada 0.04% através da técnica descrita no grupo anterior.

Grupo III: Os 10 canais radiculares foram obturados com gutta-percha de conicidade normalizada através de uma técnica de obturação mista: Após a inserção de uma ponta de gutta-percha, introduziu-se um espaçador digital de níquel-titânio del número 30 para compactar lateralmente e criar espaço, o qual foi preenchido com gutta-percha termoplastificada que foi injectada pelo terminal correspondente do sistema de obturação EOU. Posteriormente condensou-se verticalmente com um condensador de Buchanan. Repetiu-se sucesivamente a condensação lateral, a injeção termoplástica e a condensação vertical até obturar completamente o canal.

Grupo IV: Os 10 canais radiculares foram obturados com gutta-percha de conicidade aumentada 0.04% através da técnica de obturação mista descrita no grupo anterior.

Grupo V: Os 10 canais radiculares foram obturados com gutta-percha de conicidade normalizada através de uma técnica de condensação vertical por onda contínua com injeção termoplástica. Após a inserção de uma ponta de gutta-percha normalizada adaptada a 1 mm menos do comprimento de trabalho, introduziu-se a ponta correspondente do sistema de obturação EOU aquecida a 200° C e a uma profundidade de 3 mm menos do comprimento de trabalho. Uma vez obturado o terço apical, os outros dois terços foram obturados através da injeção da gutta-percha termoplastificada, com a ponta correspondente do sistema obturador EOU seguido de uma condensação vertical manual.

Grupo VI: Os 10 canais radiculares foram obturados com gutta-percha (VDW) de conicidade aumentada 0.04% através de uma técnica de condensação vertical por onda continua com injeção termoplástica descrita no grupo anterior.

Após as obturações tomaram-se duas projecções radiográficas a cada raiz (vestíbulo-lingual e mesio-distal) para verificar a sua correcta obturação.

#### 6.2.4.4.- PREPARAÇÃO DAS ESPÉCIES.

Posteriormente as espécies foram colocadas numa estufa Memmert BE 500 a 37°C a 100% de humidade durante 3 dias, para garantir uma perfeita tomada de presa do cimento endodôntico.

As raízes foram incluídas em blocos de resina para facilitar a sua manipulação. Seccionaram-se transversalmente com micrótomo Isomet, com um espessor de 1 mm., a baixa rotação (200 rpm) com refrigeração constante nas marcas realizadas aos 3, 7 e 10 mm. do apex de cada uma das 60 raízes.

As secções obtidas foram lavadas com água destilada e secadas com suaves jactos de ar. De seguida, foram coladas com Estellan sobre uma lâmina para a sua posterior observação. Em cada vidro colocaram-se as três secções correspondentes a um só espécie. Antes da observação dos espécies, estes foram sequencialmente polidos com discos de polimento Sof-Lex (3M ESPE, Seefeld, Alemanha) sob irrigação contínua.

#### 6.2.4.5.- OBSERVAÇÃO.

Os espécies foram analisados com um microscópio confocal laser invertido Leica TCS SP2 a 40x, sob excitação de laser de Ar/HeNe (543nm). Os intervalos de comprimentos de onda de absorção e de emissão da rodamina B foram entre 554nm e 649 nm. As imagens foram

obtidas e analisadas usando o programa informático Leica Confocal Software, sendo posteriormente arquivadas. Para cada imagem realizaram-se 10 cortes com uma espessura de 4 µm. O tamanho das imagens obtidas foi de 1024 × 1024 pixels.

#### 6.2.4.6.- CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO.

As medidas foram feitas sempre pelo mesmo observador, tendo sido registadas e calculadas as seguintes informações:

**6.2.4.6.1.- A máxima penetração tubular de cada espécie:** Para analisar a penetração do cimento endodôntico dentro dos túbulos dentinários utilizou-se o software Leica Confocal Software. Utilizou-se a ferramenta distância para medir a extensão da penetração do cimento entre os pontos, sendo a referência inicial a parede do conducto e o fim do ponto de penetração mais distante em direcção à superfície externa radicular. Estas medidas foram tomadas de forma linear e expressas em micrómetros. Os valores foram devidamente tabelados e avaliados estatisticamente.

#### 6.2.5.- ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram introduzidos na base de dados do pacote estatístico SPSS 17.0. Calcularam-se os valores medios de penetração do corante no interior dos túbulos dentinários medido em µm e o perímetro do canal onde se observava penetração dentro dos túbulos medido em µm, para cada grupo e para cada terço. Os valores médios de penetração e perímetro em que existia penetração compararam-se por grupos dentro de cada terço e por terços dentro de cada grupo, através do teste ANOVA, utilizando para a comparação dois a dois a prova de Tukey. Considerou-se um valor de consideração de  $p < 0,05$ .

## **6.3.- RESULTADOS E DESENVOLVIMENTO ARGUMENTAL.**

### **6.3.1.- ANALISIS POR GRUPOS**

Calculou-se a penetração média de material de obturação nos túbulos dentinários nos três níveis estudados em micras e a percentagem média de espaço ocupado pelo material de obturação nos três níveis estudados para cada grupo.

O grupo que apresentou a máxima penetração de material de obturação nos túbulos dentinários foi o grupo 4 obturado com técnica mista e gutta-percha de conicidade aumentada, mostrando um valor de 1184,94  $\mu\text{m}$ , seguido dos obturados com onda contínua e conicidade aumentada (1014,08  $\mu\text{m}$ ), enquanto que o que apresentou a mínima penetração foi o grupo 2 obturado com a técnica de condensação lateral com gutta-percha de conicidade aumentada, alcançando um valor de 771,92  $\mu\text{m}$ . As diferenças entre os grupos não foram estatisticamente significativas.

Relativamente à percentagem do perímetro penetrado, o grupo que alcançou uma percentagem mais elevada foi o grupo 3 (técnica mista com gutta-percha de conicidade normalizada) com um valor de 69,27%, sendo o grupo 5 (técnica da onda contínua com gutta-percha de conicidade normalizada) quem preencheu uma percentagem menor do perímetro do canal radicular com um valor de 52,67%. entre os grupos não mostraram significância estatística.

### **6.3.2.-ANÁLISIS POR TERÇOS RADICULARES.**

Calculou-se a penetração média de material de obturação, nos túbulos dentinários em micras e a percentagem de espaço ocupado pelo material de obturação em cada terço.

No terço coronal, utilizando gutta-percha de conicidade aumentada, obteve-se a máxima penetração com a técnica mista, 1632,87µm. seguida da técnica de onda contínua 1402,76 µm. No terço médio os máximos valores de penetração obtiveram-se para a técnica mista de obturação com gutta-percha de conicidade aumentada (1451,99 µm). No terço apical, a técnica mista com gutta-percha de conicidade normalizada foi a que proporcionou maior capacidade de penetração nos túbulos dentinários com um valor de 745,47 µm. seguido da técnica de condensação lateral com gutta-percha de conicidade normalizada com um valor de 711,43 µm.

A diferença entre os grupos, dentro de cada terço, não mostraram significância estatística.

No que diz respeito à percentagem média do perímetro com penetração do material de obturação dentro de cada terço, também não se encontraram diferenças significativas por grupos, obtendo-se o máximo perímetro obturado no terço coronário utilizando onda contínua e gutta-percha de conicidade aumentada (91,38%) e nos terços médio e apical com a técnica mista e gutta-percha de conicidade normalizada, 75,48% e 52,80% respectivamente.

### **6.3.3.-ANÁLISIS POR TERÇOS RADICULARES EM CADA GRUPO.**

Dentro de cada grupo de dentes obturados com condensação lateral e gutta-percha de conicidade normalizada, encontraram-se diferenças significativas nos valores médios de penetração tubular para o terço coronal e apical (1294,54 y 711,65 µm. respectivamente). No grupo obturado com a técnica mista e gutta-percha de conicidade normalizada, não foram encontradas diferenças significativas por terços. Nos grupos restantes a penetração no terço

médio e coronário não mostrou diferenças significativas, enquanto que no terço apical foi significativamente inferior quando comparados com os terços médio e coronário.

A respeito das percentagens de perímetros do canal obturado, no grupo obturado com condensação lateral e gutta-percha de conicidade normalizada, o perímetro do terço apical foi significativamente menor que o da coronal ( $p=0,05$ ). Nos grupos obturados com condensação lateral e gutta-percha de conicidade aumentada, no obturado com técnica mista e gutta-percha de conicidade aumentada e no obturado com onda contínua e gutta-percha de conicidade normalizada, e o perímetro de penetração do terço apical foi significativamente inferior que nos terços médios e coronário, o perímetro obturado foi algo superior para o terço coronário. Nas amostras obturadas com técnica mista e gutta-percha de conicidade normal, não se encontraram diferenças significativas entre os terços para a percentagem de perímetro obturado. No grupo obturado com onda contínua e gutta-percha de conicidade aumentada, as diferenças foram estatisticamente significativas entre os três terços.

#### **6.3.4.- DISCUSÃO SOBRE A METODOLOGÍA.**

No nosso estudo utilizámos dentes humanos extraídos, que ainda que sejam mais difíceis de conseguir, o seu uso está muito extendido e aceite nos estudos de adaptação do material obturador endodóntico.

Ainda que o centro de controlo e prevenção de doenças recomenda que os dentes extraídos para uso educacional ou para propósito de investigação devem ser armazenados em formalina a 10% durante duas semanas são vários os autores que preferiram a utilização de nitrato de sódio para conservar os dentes antes do seu estudo de adaptação do material de obturação através do microscópio confocal de laser do varrimento.

Utilizar dentes de uma só raiz com um único canal e anatómicamente similares, permite normalizar as condições de preparação e obturação no tratamento endodóntico, minimizando

a influência destas variáveis nos resultados do trabalho. Do mesmo modo, o comprimento radicular é outro factor a ser controlado.

A eficácia do hipoclorito de sódio foi amplamente estudada. Contudo, a sua maior desvantagem é o facto de não eliminar a camada de lama dentinária. Portanto alguns autores recomendam a utilização de EDTA a 17% após a preparação do canal. No presente estudo utilizou-se 1,8 ml. de hipoclorito de sódio a 5,25% como agente irrigante. Após a configuração utilizou-se EDTA a 17% durante 3 minutos e posteriormente um novo lavado com hipoclorito de sódio. Publicou-se que o hipoclorito de sódio é inibido na presença de EDTA, pelo que existem autores que recomendam a utilização do soro fisiológico entre ambos os irrigantes. Nós, por esse motivo apenas o utilizámos na parte final da instrumentação e não de forma intercalada.

Para completar a acção obturadora da gutta-percha, escolhemos pelas suas propriedades fisico-químicas o cimento obturador AH Plus; um selador baseado em resina epoxy. Eric Bagueire e cols. concluíram no seu trabalho que o AH Plus conseguiu a melhor penetração e adaptação às paredes do canal radicular, frente aos outros cimentos (Acroseal, Endobtur, Ketac-Endo e RSA) estudados. Em contra partida Noushin e cols., encontraram maior profundidade de penetração do selador de poliésteres (Epiphany) comparado com o AH Plus.

Em vários estudos demonstrou-se a segurança da rodamina B para não alterar as propriedades dos seladores. A possibilidade de que o corante influenciaria a capacidade do selamento do material obturador foi excluída num estudo piloto que comparou dois materiais obturadores com e sem partículas de rodamina B misturadas, e não encontrou diferenças de penetração entre eles. No trabalho de Odriozola-Zapata e cols., realizou-se outro estudo piloto no qual demonstrou-se que a rodamina B não alterava a fluidez do cimento obturador, de acordo com as especificações da American Dental Association.

A concentração de rodamina B utilizada neste estudo foi de 0,1%, concentração que foi constatada como capaz de emitir fluorescência suficiente para a identificação do material

selador pigmentado dentro dos tubulos dentinários. Para além disso esta concentração foi utilizada em outros estudos.

Para observar os espécimes utilizamos o microscópio confocal de laser por varrimento que é uma técnica menos destrutiva para as amostras se comparada com o microscópio eletrónico de barrimento, uma vez que não precisa que haja a desidratação das mostras, diminuindo o risco de produzir-se artefactos (gretas e/ou fracturas das amostras, assim como a expansão e/ou contracção do dente e/ou do material de obturação). Bitter e cols. ao comparar a capacidade de análise da penetração e distribuição de seladores entre o microscópio eletrónico de barrimento e o microscópio confocal concluíram que, este último, proporciona uma informação mais detalhada.

### **6.3.5.- DISCUSÃO SOBRE OS RESULTADOS.**

O objectivo principal deste estudo é analisar a adaptação deste material obturador às paredes dentinárias de dentes que foram obturados com duas conicidades de gutta-percha diferentes; conicidade normalizada e conicidade aumentada, e através de três técnicas de obturação diferentes; condensação lateral, técnica mista e onda contínua. Os parâmetros estudados foram a percentagem do perímetro penetrado e a profundidade máxima de penetração de material de obturação, que foram medidos em três níveis radiculares: no terço coronário, médio e apical.

Nenhuma das técnicas de obturação utilizadas neste estudo: tanto com gutta-percha de conicidade normalizada como gutta-percha de conicidade aumentada, conseguiu uma adaptação total do material obturador às paredes dentinárias.

Independentemente da técnica utilizada e da conicidade da gutta-percha escolhida, ambos os parâmetros estudados foram diferentes dependendo do terço, sendo sempre maiores no terço coronário seguido do terço médio e finalmente do terço apical. Estes resultados são

corroborados por outros estudos. Estas diferenças podem ser explicadas pela menor acumulação de lama dentinária ou da sua mais fácil eliminação no terço coronário que nos terços médio e apical. Considera-se também influente a significativa maior densidade dos túbulos dentinários e dos seus maiores diâmetros no terço coronário da raiz comparados com os do terço apical.

A penetração do selador dentro dos túbulos dentinários está considerada como benéfica para prevenir reinfecções. Mamootil e Messer consideram que uma alta percentagem de penetração pode ser um indicador indirecto de potencial resistência à infiltração microbiana e de fluídos.

A ideia lógica de que ante a melhor adaptação do material obturador teremos um melhor selamento e conseqüentemente menos filtração radicular, é discutida em vários trabalhos.

Uma suposta vantagem da utilização de gutta-percha de conicidade aumentada seria o aumento da sua massa dentro do canal, com a conseqüente diminuição do selador, o que é aceite geralmente como benéfico para a qualidade da obturação. Mas parece que estas pontas de gutta-percha com conicidades de 0,04 e 0,06 não aportam uma maior capacidade de selado quando se comparam com os cones estandardizados de conicidade 0,02 em canais preparados com instrumentos com propulsão mecânica.

No nosso estudo a adaptação do material obturador só melhora com o uso da gutta-percha de conicidade aumentada quando utilizamos a técnica de obturação por onda contínua. Também se demonstrou no nosso estudo que apenas com esta técnica se obteve melhores resultados nos seus três terços, quando comparamos os resultados obtidos com as diferentes conicidades da gutta-percha.

Assim a técnica que parece beneficiar-se com a utilização da gutta-percha de conicidade aumentada é a onda contínua. A técnica de condensação lateral obtém melhores resultados com a gutapercha de conicidade normalizada. A técnica mista precisa de modificações para

melhorar os seus resultados com a gutta-percha de conicidade aumentada, sobre tudo a nível apical. Uma combinação de condensação lateral em frio seguido de uma condensação vertical quente no terço apical e complementado com a injeção termoplástica nos terços meio e coronário; poderia ser uma alternativa que desse melhores resultados que a técnica mista utilizada no nosso estudo.

Há vários estudos onde não aparecem diferenças significativas na adaptação do material de obturação quando comparadas diferentes conicidades dos cones de gutta-percha.

Independentemente da conicidade da gutta-percha e do terço do canal, a técnica que obteve melhores resultados no nosso estudo foi a técnica mista; ainda que não houve diferenças estatisticamente significativas com as outras técnicas a estudo.

Em dois estudos que valorizaram a percentagem do perímetro penetrado, obtido através da técnica da condensação lateral, os resultados foram de 54,83% e de 61,66% que foram muito similares aos obtidos no nosso estudo (57,66%) mas os três estão longe de obter o 100% desejado.

Parece que a técnica de obturação radicular que obtém uma melhor adaptação através da percentagem do perímetro penetrado é a de transportadores de material termoplástico; Ordizola-Zapata obtiveram uma média de 92,5% do perímetro penetrado utilizando esta técnica. As razões em que se basearam para explicar estes resultados altos foram o elevado conteúdo de material não transportador o que pressupõe uma fina camada de selador.

## 6.4.- CONCLUSÕES

Uma vez efectuado o estudo experimental *in vitro* proposto e analisados os resultados obtidos, pode-se estabelecer as seguintes conclusões, respondendo aos objetivos previamente planeados:

1. Nenhuma das técnicas de obturação estudadas consegue uma completa adaptação às paredes do canal radicular.
2. A técnica que conseguiu uma maior percentagem de perímetro radicular penetrado por material obturador foi a técnica mista com gutta-percha de conicidade normalizada, mas sem diferenças estatisticamente significativas com os restantes grupos estudados.
3. A técnica que conseguiu uma maior profundidade de penetração de material obturador foi a técnica mista com gutta-percha de conicidade aumentada. Também não houve diferenças estatisticamente significativas com os restantes grupos.
4. Todas as técnicas conseguem uma melhor adaptação no terço radicular coronário, seguido do meio e finalmente do apical.
5. Dentro de cada grupo, quando se utilizou gutta-percha de conicidade aumentada, houve sempre diferenças estatisticamente significativas na percentagem de perímetro penetrado entre o terço apical e coronário.
6. A técnica da onda contínua é a única que melhora os resultados ao utilizar a gutta-percha de conicidade aumentada em vez da gutta-percha de conicidade normalizada.

Perante as condições do nosso estudo, tanto as técnicas utilizadas (condensação lateral, técnica mista e técnica da onda contínua) como a conicidade da gutta-percha utilizada (normalizada e aumentada) não parecem influenciar de forma estatisticamente significativa nos resultados de adaptação do material de obturação. Continua sendo o terço radicular que influencia mais nos resultados. Posteriormente serão necessários novos estudos com o fim de melhorar a técnica de preparação canalar e a sua obturação na porção mais apical do mesmo.