



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**CENTRO UNIVERSITARIO DE ESTUDIO DE POSGRADO
E INVESTIGACION
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

TESIS

**“PROPUESTA PARA REALIZAR UNA EVALUACIÓN AL MEB DE LA PENETRACIÓN EN
TÚBULOS DENTINARIOS DE 3 CEMENTOS DE OBTURACIÓN”.**

PARA OBTENER EL GRADO DE

ESPECIALISTA EN ENDODONCIA.

PRESENTA:

C.D. ALMA ITZEL CORONA CANDELAS.

ASESOR DE TESIS: C.D.E.E. Adriana Lucía Arenas Pérez.
ASESOR METODOLÓGICO: Dra. Deyanira Serrato Ochoa.

MORELIA, MICHOACÁN
MÉXICO 2012.
NOVIEMBRE

**“PROPUESTA PARA REALIZAR UNA EVALUACIÓN AL
MEB DE LA PENETRACIÓN EN TÚBULOS DENTINARIOS
DE 3 CEMENTOS DE OBTURACIÓN”**

AGRADECIMIENTOS

La presente Tesis es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron varias personas leyendo, opinando, corrigiendo, teniéndome paciencia, dando ánimo, acompañando en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad.

A Dios por su infinita misericordia y amor, por creer en mí cuando nadie lo hizo, por darme vida y sueños. A mis padres que me acompañaron en esta aventura que significó la especialidad y que de forma incondicional, entendieron mis ausencias y mis malos momentos. A mi esposo Carlos le agradezco su infinita paciencia, su tierna compañía y su inagotable apoyo.

Agradezco a la UMSNH por el haberme brindado la oportunidad de prepararme. A la Dra. Adriana Lucia Arenas Pérez por haber confiado en mi persona, por la paciencia y por la dirección de este trabajo, por los consejos, el apoyo y el ánimo que me brindó. A la Dra. Deyanira Serrato Ochoa por su paciencia ante mi inconsistencia, por su atenta lectura de este trabajo y sus atinadas correcciones.

Gracias también a mis queridos compañeros, que me apoyaron y me permitieron entrar en su vida durante estos dos años y meses de convivir dentro y fuera del salón de clase. Nancy, Lili y Paco, gracias.

Gracias a todos.

DEDICATORIA

**Quiero dedicarle este trabajo
A Dios que me ha dado la vida y fortaleza
para terminar esta tesis,
A mis Padres José y Leticia por estar ahí cuando más los necesité,
por su ayuda y constante cooperación.**

INDICE

GLOSARIO.....6-8

REVISIÓN DE FIGURAS Y TABLAS.....9-12

RESUMEN.....13-14

PALABRAS CLAVE.....14

INTRODUCCIÓN.....15-16

ANTECEDENTES.....16-54

JUSTIFICACIÓN.....55

OBJETIVOS.....55-56

HIPÓTESIS.....56

MATERIALES Y MÉTODOS.....57

RESULTADOS.....57-64

ANÁLISIS-DISCUSIÓN.....64-68

CONCLUSIÓN.....68

RECOMENDACIONES.....69

BIBLIOGRAFÍA.....69-78

GLOSARIO

Ápice anatómico: Es el extremo de la raíz determinado morfológicamente (Glossary 1998).

Ápice radiográfico: Es la punta o extremo de la raíz determinado morfológicamente en la radiografía (Glossary 1998).

Cemento sellador: Compuesto utilizado para la obturación de un conducto radicular. Se aplica como un plástico que se solidifica tras su colocación y rellena las depresiones de la superficie del conducto, cuyo objetivo es sellar la interface existente entre el material núcleo de la obturación y las paredes dentinarias del conducto radicular, con la finalidad de conseguir una obturación del mismo en las tres dimensiones del espacio de forma hermética y estable (Canalda C. *et. al.*, 2006).

CLSM: microscopía laser de escaneo confocal (Tunser A., Tuncer S., 2012).

Constricción apical: diámetro más estrecho del conducto, suele localizarse en la dentina, justo antes de las primeras capas del cemento dentario. Se denomina a este punto como el diámetro menor del conducto, aunque actualmente se utiliza con más frecuencia el término de constricción apical (Kuttler Y. 1995).

Endodoncia: Es la rama de la odontología que trata de la morfología, fisiología, y patología de la pulpa dental y los tejidos perirradiculares. Su estudio y práctica engloba las ciencias básicas y clínicas incluyendo la biología de la pulpa normal y la etiología, diagnóstico, prevención y tratamiento de las patologías y lesiones de la pulpa y alteraciones perirradiculares asociadas (American Association of Endodontists).

Foramen accesorio: Es una interrupción en la continuidad durante la formación radicular produciendo una pequeña brecha ocupada por vasos sanguíneos, alrededor de los cuales se deposita la dentina y el cemento, dando como resultado la formación de un pequeño conducto accesorio entre el saco dental y la pulpa (Celick E. *et. al.*, 1991).

Foramen Apical: circunferencia en forma de túnel o cráter que diferencia la terminación del conducto cementario de la superficie exterior de la raíz (Kuttler Y. 1995).

MEB: microscopio electrónico de barrido (Tunser A., Tuncer S., 2012)

Obturación: Obturar un conducto radicular significa llenarlo en toda su extensión con un material inerte o antiséptico, sellándolo herméticamente, sin interferir y preferiblemente estimulando el proceso de reparación apical y periapical que debe ocurrir después del tratamiento endodontico radical (Leonardo M. R. 2005).

Tags cementarios: Presencia de cemento sellador dentro del túbulo dentinarios (Mamootil K., Messer HH. 2007).

Tratamiento de conductos: procedimiento por el cual se elimina la pulpa afectada de un diente, dañado o muerto y se sella el conducto. El tratamiento de conducto se prescribe normalmente para tratar una infección, y como con todos los procedimientos quirúrgicos una técnica aséptica es esencial en todas partes (Carrote P. 2004).

Túbulos dentinarios: son los canales principales para la difusión de los líquidos a través de la dentina (Trowbridge H. 1999).

Unión cemento-dentinaria: Es la región donde se unen la dentina y el cemento, el punto en el cual termina la superficie de cemento en el vértice de un diente o cerca de él (George JW. *et. al.*, 1987).

REVISION DE FIGURAS Y TABLAS

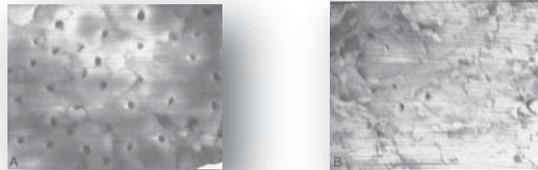


FIGURA.- 1 Imagen de túbulos dentinarios al MEB de personas de 25 años de edad (A) y de 80 años de edad (B) a nivel apical (Patric J. et. al., 1984).

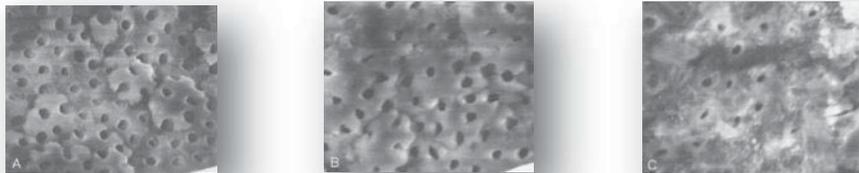


Fig.-2 Imagen de túbulos dentinarios al MEB a nivel coronal (A), tercio medio (B), y tercio apical (C) (Patric J. et. al., 1984).

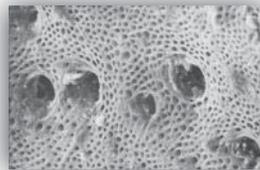


Fig.-3 Túbulos dentinarios gigantes que se pudieran encontrar en la dentina circumpulpar. Imagen tomada del libro *Histología y embriología bucodental*

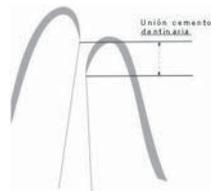


Fig.-4 La unión cemento-dentina está localizada a diferentes niveles de la pared del conducto y no coincide con la constricción apical, tomado de: Ricucci 1998. Se determinó que la distancia entre la unión cemento dental y el foramen es de 0.507 mm en jóvenes y 0.784 mm en adultos (Kuttler Y. 1955; Seltzer S. 1988).



Fig.-5 Radiografía que muestra claramente a nivel apical la obturación de las ramificaciones terminales que forman un delta apical. Tomada de la pagina del Profesor Carlos Bóveda Z.



Fig.-6 Microfotografía mediante microscopía de scanner electrónico que muestra la presencia de un conducto lateral. Tomado de Tam Yu 2002

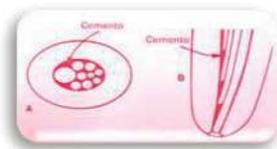


Fig.-7 En esta imagen podemos observar que el cemento sellador rellena las irregularidades del conducto y las pequeñas discrepancias entre la pared dentinaria y el material sólido de obturación (A y B). Imagen tomada de www.iztacala.unam.mx



Fig.-8 Presentación comercial del cemento Sealapex. Imagen tomada de www.clickdental.com



Fig. 9 Presentación comercial del cemento AH Plus. Imagen tomada de www.dentsply.es/endo/ahplus.htm



Fig.-10 Presentación comercial del cemento MTA FILLAPEX. Imagen tomada de www.rocedental.com/template.php?id=111

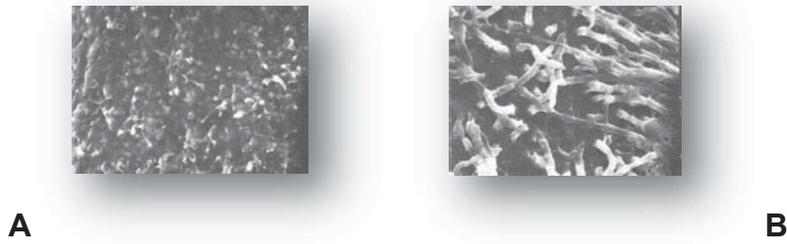


Fig. 11 En estas imágenes se puede observar que cuando existe el barro dentinario hay muy poca penetración del cemento sellador (A), y cuando se remueve el barro dentinario la penetración del cemento es mayor (B) (Robert *et al.*, 1984).

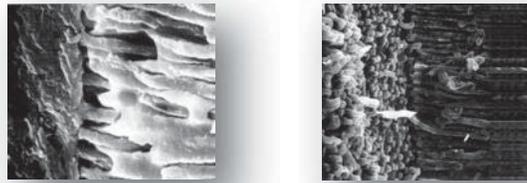
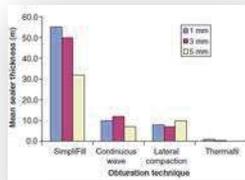
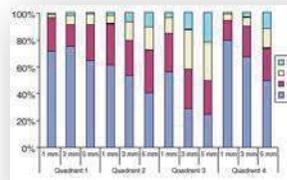


Fig.- 12 En estas imágenes se puede observar que el material de obturación (B) y el cemento sellador (A) penetraron en los túbulos dentinarios después de la remoción del barro dentinario (Robert *et al.*, 1987).



13



14

Fig.-13 La media del espesor del sellador en relación con las diferentes técnicas de obturación a diferentes niveles 1,3 y 5mm. (Weis *et al.*, 2004). Fig.- 14 La profundidad de la penetración de sellador para todas las técnicas en los túbulos dentinarios en los diferentes cuadrantes en los niveles 1,3 y 5 mm de longitud de trabajo. A, ausente; I, interior de una tercera, M, tercio medio; O, exterior de un tercio (Weis *et al.*, 2004).

Root Number	AH Plus	Apexit	Roth 611
1	49	60	19
2	52	66	17
3	59	59	20
4	55	62	19
5	56	55	18
6	51	61	19
7	50	64	21
8	57	56	17
9	59	59	19
10	58	51	20
Mean ± SD	54.8 ± 3.8	59.4 ± 4.1	18.9 ± 1.2

Penetration depth is expressed in μm.

Fig.-15 Apexit muestra la mayor penetración en los tubulos dentinarios 59 μm, seguido de AH Plus 54 μm, y en último lugar Roth 18 μm (Andreas B. *et al.*, 2004).

Table 1 Penetration depths of the two experimental groups

Location of the observed sections	TubliSeal			RealSeal		
	Sample size	Mean penetration (μm)	SD	Sample size	Mean penetration (μm)	SD
Cervical	40	199.88	78.07	40	114.88	291.19
Middle	40	142.25	75.26	40	514.88	229.70
Apical	40	85.50	62.55	40	696.75	313.55
Combined	120	139.54	84.90	120	908.83	326.65

Fig.- 16 Penetración de los cementos selladores a nivel del tercio medio, cervical y apical, siendo el tubliSeal el que mayor penetró

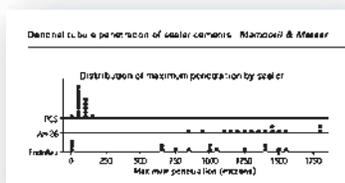


Fig.-17 Hay una clara diferencia entre las medias de penetración del sellador basado en ZnOE y los selladores a base de resina. Las diferencias entre AH2 (1337 μm) y Pulp Canal Sealer EWT (71 μm), y entre EndoRez (863 μm) y Pulp Canal Sealer EWT fueron altamente significativas ($P < 0,005$). La comparación de la profundidad de penetración entre AH26 y EndoRez se encontró también que son significativamente diferentes ($P = 0,01$).

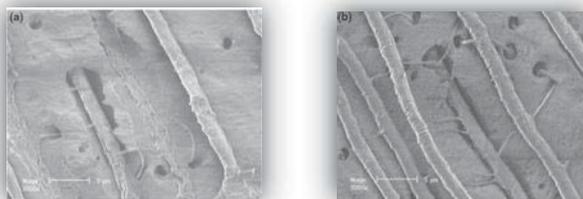


Fig.-18 (a) y (b) Se observa la penetración del sellador en las finas ramas laterales que conectan los túbulos.

RESUMEN

Título: “PROPUESTA PARA REALIZAR UNA EVALUACION AL MEB DE LA PENETRACION EN TUBULOS DENTINARIOS DE 3 CEMENTOS DE OBTURACIÓN”

Introducción: La obturación de los conductos radiculares juega un papel fundamental en el éxito del tratamiento de conductos, ya que a través de ella se logra un selle adecuado que prevenga el ingreso de bacterias y fluidos provenientes tanto de la cavidad oral como de los tejidos periapicales. Cuando la terapia endodóntica es requerida, un material sólido o semisólido no es suficiente para sellar apropiadamente el sistema de conductos radiculares por lo que es indispensable el uso de un cemento sellador. La penetración de los cementos selladores en los túbulos dentinarios se considera un resultado deseable por muchas razones: mejora la interface entre el material de obturación y la dentina, mejorando así la capacidad de sellado y la retención del material por bloqueo mecánico. Por lo que existe una relación inversa entre la microfiltración y la penetración en los túbulos dentinarios de los selladores es decir, a medida que aumenta la penetración, la microfiltración disminuye. Por lo tanto, una mayor penetración de los selladores de conductos radiculares en los túbulos dentinarios puede aumentar el potencial de éxito de tratamiento de endodoncia.

Objetivo: Determinar mediante la revisión de diversos artículos cual es la metodología más eficaz para comparar la penetración en túbulos dentinarios de tres cementos selladores a nivel del tercio cervical, medio y apical empleando el MEB

Metodología: Se realizó una revisión bibliográfica en revistas científicas de alto impacto como Journal of Endodontics, International Endodontic Journal, Journal of Conservative Dentistry. El

periodo de revisión de las publicaciones abarcó desde el año 2004 al año 2012 y se obtuvieron varios artículos proponiendo una metodología para realizar una comparación del comportamiento de tres cementos selladores dentro de los túbulos dentinarios a través del microscopio electrónico de barrido. Y poder conocer cuál de ellos ofrece un mejor sellado en la obturación.

Resultados: Se utilizaran 50 raíces palatinas de molares superiores, las cuales van a ser preparadas y obturadas utilizando tres tipos de cementos diferentes: AH-Plus, Sealapex, MTA Fillapex. Como grupo control cinco dientes deberán obturarse sin cemento sellador. A todas las piezas se les realizara cortes transversales para ser observados al MEB.

Conclusión: Se propone una metodología en base a la revisión de diversos artículos para comparar a través del microscopio electrónico de barrido la penetración en túbulos dentinarios de tres cementos selladores (AH plus, Sealapex, Fillapex) a nivel del tercio cervical, medio y apical, debido a que el MEB nos ofrece una serie de ventajas: permite la observación muy detallada de los túbulos dentinarios y de la superficie del cemento sellador, dando imágenes fotográficas de hasta 150.00x. Por lo cual se podrá determinar cuál de los 3 cementos tiene mayor capacidad para penetrar los túbulos dentinarios.

PALABRAS CLAVES

PENETRACION, TUBULOS DENTINARIOS, CEMENTOS SELLADORES, MTA FILLAPEX, SEALAPEX, AH-PLUS

INTRODUCCIÓN

La obturación de los conductos radiculares juega un papel fundamental en el éxito del tratamiento de conductos, ya que a través de ella se logra un selle adecuado que prevenga el ingreso de bacterias y fluidos provenientes tanto de la cavidad oral como de los tejidos periapicales. Los conductos radiculares tienen una anatomía irregular, por consiguiente, cuando la terapia endodóntica es requerida, un material sólido o semisólido no es suficiente para sellar apropiadamente el sistema de conductos radiculares por lo que es indispensable el uso de un cemento sellador. El cemento no solo ayuda a lograr el sellado tridimensional sino que también sirve para rellenar las irregularidades del conducto y las pequeñas discrepancias entre la pared dentinaria y el material sólido de obturación. También se utilizan como lubricantes y ayudan al asentamiento del material sólido de obturación durante la condensación. Además el cemento sellador a menudo tiene la capacidad de penetrar en áreas tales como los conductos laterales y los túbulos dentinarios. La penetración de los cementos selladores en los túbulos dentinarios se considera un resultado deseable por muchas razones: mejora la interface entre el material de la obturación y la dentina, mejorando así la capacidad de sellado y la retención del material por bloqueo mecánico. Los cementos selladores también puede sepultar las bacterias residuales dentro del túbulo dentinario, y sus componentes químicos pueden ejercer un efecto antibacteriano que se potencializa estando cerca a las bacterias. Existe una relación inversa entre la microfiltración y la penetración en los túbulos dentinarios de los selladores es decir, a medida que aumenta la penetración, la microfiltración disminuye. Por lo tanto, una mayor penetración de los selladores de conductos

radiculares en los túbulos dentinarios puede aumentar el potencial de éxito de tratamiento de endodoncia.

ANTECEDENTES

Endodoncia es ciencia y arte, comprende la etiología prevención, diagnóstico y tratamiento de las alteraciones patológicas de la pulpa dentaria y de sus repercusiones en la región periapical y por consiguiente en el organismo. En resumen, la endodoncia atiende la prevención, el tratamiento del endodonto de la región apical y periapical (Leonardo MR. 2005).

Weine señala que el tratamiento de conducto tiene por objetivo la restauración de la forma y la función del diente tratado del aparato masticatorio, en condiciones aceptables. Aunque el tratamiento de conducto obliga siempre a trabajar en el interior del diente, son las estructuras adyacentes y su respuesta lo que determina el éxito o el fracaso del tratamiento (Jiménez Planas A, 2003). De esta forma se plantea como razón fundamental del tratamiento de conducto la presencia de condiciones que limitan el mantenimiento del diente en boca.

El tratamiento de conducto comprende tres fases fundamentales. La primera es la fase de diagnóstico, en la que se identifica el trastorno que se va a tratar y se desarrolla el plan de tratamiento. La segunda es la fase de preparación, en la que se vacía el contenido del conducto y se prepara éste para el material de obturación. La tercera fase es la de obturación u obliteración del conducto para formar un sello hermético con un material inerte, tan cercano a la unión cemento-dentina como sea posible (Jiménez Planas A, 2003).

La obturación de los conductos radiculares juega un papel fundamental en el éxito de esta terapia, ya que a través de ella se logra un selle adecuado que prevenga el ingreso de bacterias y fluidos provenientes tanto de la cavidad oral como de los tejidos periapicales. Los conductos radiculares tienen una anatomía irregular por consiguiente cuando la terapia endodóntica es requerida, un material sólido o semisólido no es suficiente para sellar apropiadamente el sistema de conductos radiculares. La función principal de los cementos selladores es llenar los espacios entre la gutapercha y las paredes del conducto, fluir por sitios donde el material sólido o semisólido no puede penetrar, para lograr así un selle hermético (Schwarze T. *et. al.*, 2002).

DENTINA

La dentina, llamada también sustancia ebúrrrea o marfil, es el eje estructural del diente y constituye el tejido mineralizado que conforma el mayor volumen de la pieza dentaria. En la porción coronaria se halla recubierta a manera de casquete por el esmalte, mientras que en la región radicular está tapizada por el cemento. Interiormente, la dentina delimita una cavidad, denominada cámara pulpar, que contiene a la pulpa dental (único tejido blando del diente) (Gómez M., Campos A. 2008).

El espesor de la dentina varía según la pieza dentaria: en los incisivos inferiores es mínimo (de 1 a 1.5mm), mientras que en caninos y en molares es de 3mm aproximadamente. En cada diente en particular, el espesor es mayor en los bordes incisales o cuspídeos, y menor en la raíz. Es importante recordar que, debido al tipo de crecimiento aposicional que presenta la dentina (dentina secundaria), el espesor es mayor en dientes viejos que en los elementos jóvenes (Gómez M., Campos A. 2008).

En la estructura de la dentina podemos distinguir dos componentes básicos: la matriz mineralizada y los conductos o túbulos dentinarios que la atraviesan en todo su espesor y que alojan a los procesos odontoblasticos (Ten Cate, 1986).

Dentro de sus propiedades físicas encontramos que la dentina posee mayor permeabilidad que el esmalte debido a la presencia de los tubulillos dentinarios, que permiten el paso a distintos elementos o solutos (colorantes, medicamentos, microorganismos, etc.), que la atraviesan con relativa facilidad. Se ha descrito dos mecanismos de transporte a través de los túbulos dentinarios. Por difusión o por presión de los fluidos intersticiales de la pulpa. En este último influye el diámetro y la longitud del túbulo (Gómez M., Campos A. 2008). La permeabilidad dentinaria es una de las propiedades de mayor importancia en la práctica endodóntica por el sistema de adhesión de los biomateriales. La composición química de la dentina es aproximadamente de 70% de materia inorgánica (principalmente cristales de hidroxiapatita), 18% de materia orgánica (principalmente fibras de colágenas) y 12% de agua (Trowbridge H., Kim S. 1999).

La estructura histológica de la dentina está constituida por unidades estructurales básicas y por unidades estructurales secundarias. Las unidades estructurales básicas que constituyen a la dentina son dos: el túbulo dentinario y la matriz intertubular (Gómez M., Campos A. 1999).

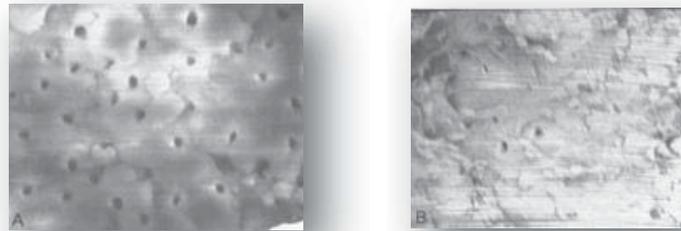
Los túbulos dentinarios son estructuras cilíndricas delgadas que se extienden por todo el espesor de la dentina desde la pulpa hasta la unión amelodentinaria o cementodentinaria. Se asume que su longitud promedio oscila entre 1.5 y 2mm. La pared del túbulo está formada por dentina peritubular o tubular que está constituida por una matriz mineralizada que ofrece una estructura y una composición química característica (Seltzer S., Bender I. 1963). Los túbulos

alojan en su interior la prolongación odontoblástica principal o proceso odontoblastico. Entre el proceso odontoblastico y la pared del túbulo hay un espacio denominado espacio periprocesal, ocupado por el licor o fluido dentinal (que proviene de la sustancia intercelular de la pulpa dental) (Gómez M., Campos A. 2008).

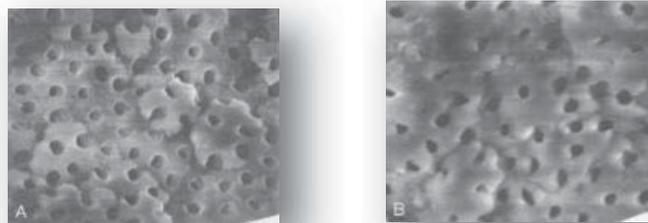
La cantidad de túbulos dentinarios por unidad de superficie en las zonas próximas a la pulpa es de 45.000 a 65.000 por mm^2 aproximadamente, en el tercio medio coronal existen aproximadamente 29.500 por mm^2 , y en el tercio externo (cerca de la unión esmalte dentina) su número es de 15.000 a 20.000 por mm^2 (Garberoglio., Brannstrom. 1976). El porcentaje de área tubular varía desde un 22% en la proximidad de la pulpa hasta un 1% en la dentina próxima a la conexión amelodentinaria. En la dentina radicular el número de túbulos es de 24.000 por mm^2 cerca del área pulpar y alrededor de 12.000 por mm^2 en la región de la periferia (Gómez M., Campos A. 2008).

Patric J. y cols. 1984 observaron con el microscopio electrónico de barrido túbulos dentinarios humanos de acuerdo a la edad del sujeto y al área específica del diente. Fueron examinados 5 grupos de edades: 20-34, 35-44, 45-54 y 80 o de más edad (Fig 1). La Localización observada específicamente fue: dentina radicular apical, media, cervical y dentina coronaria (Fig 2). Los resultados mostraron que el número de túbulos dentinarios disminuían con el aumento de la edad (ej. no de túbulos = 242.775 para el grupo de edad 20-34; 149.025 para el grupo de 80 años o de más edad) y con la localización (ej. no de túbulos = 265.460 para la dentina coronaria; 49.140 para la dentina apical). Ambos hallazgos fueron estadísticamente significativos ($p < 0.01$). Estos resultados demostrarían la marcada sensibilidad y el

incremento de la penetración bacteriana de la dentina coronaria, comparada con la mínima penetración bacteriana e irritante de la dentina apical.



A B
FIGURA.- 1 Imagen de túbulos dentinarios al MEB de personas de 25 años de edad (A) y de 80 años de edad (B) a nivel apical. (Patric J. et. al., 1984)



A B



C

Fig.-2 Imagen de túbulos dentinarios al MEB a nivel coronal (A), tercio medio (B), y tercio apical (C). (Patric J. et. al., 1984)

El diámetro de los túbulos, en general, también varía siendo más anchos en la proximidad de la pulpa alcanzando hasta 5 μ m de diámetro y más estrechos en la zona periférica 1.7 μ m. A esto hay que agregar la obliteración gradual de la luz tubular que tiene lugar con la edad, proceso que se conoce como esclerosis fisiológica de los túbulos dentinarios. Existen

también “mega túbulos” en ciertas áreas de la dentina, que incrementan localmente la permeabilidad (Fig 3). Algunos autores han demostrado la presencia de estos túbulos dentinarios gigantes de 5 a 50 μ m de diámetro, en la dentina coronaria en la zona de los cuernos pulpares, cuyo origen y significado funcional se desconocen por el momento (Gómez M., Campos A. 2008).

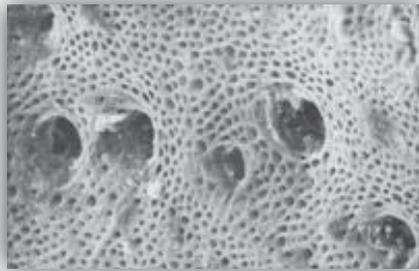


Fig.-3 Túbulos dentinarios gigantes que se pudieran encontrar en la dentina circumpulpar. Imagen tomada del libro Histología y embriología bucodental

Aspectos anatómicos relacionados con el tercio apical

La anatomía apical del sistema de conductos radiculares juega un papel muy importante para el entendimiento de los principios del tratamiento endodóntico. Aguadé EB., 1991 comenta que existen diversas opiniones con respecto a la configuración anatómica del tercio apical. Cada una de estas, ajustadas a los resultados de los estudios realizados.

Unión cemento-dentinaria: Es la región donde se unen la dentina y el cemento, el punto en el cual termina la superficie de cemento en el vértice de un diente o cerca de él (George JW. *et. al.*, 1987). Sin embargo, es importante destacar que esta unión representa un punto de

referencia histológico que no puede localizarse de manera clínica o radiográfica (Harrán PE. *et. al.*, 2003).

Coolidge ED. 1929, estableció que la localización de la unión cemento-dentina podría ser muy variable; y del mismo modo, ser considerada como ayuda en los parámetros de determinación del límite apical para la remoción de tejido, preparación y obturación del sistema de conductos radiculares. De manera similar, Langeland K. 1967, afirma que la unión cementodentinaria no siempre coincide con la constricción apical. (Fig.4)

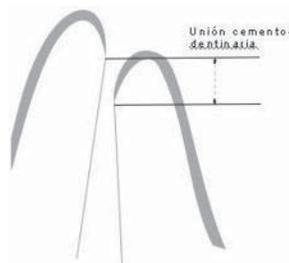


Fig.-4 La unión cemento-dentina está localizada a diferentes niveles de la pared del conducto y no coincide con la constricción apical. Tomado de: Ricucci 1998. Se determinó que la distancia entre la unión cemento dentinal y el foramen es de 0.507 mm en jóvenes y 0.784 mm en adultos (Kuttler Y. 1955; Seltzer S. 1988)

La forma de la unión cemento-dentina no es exactamente redonda debido a que el cemento no alcanza la misma longitud ni el mismo grosor en todas las superficies dentro del conducto cementario. Harrán P. y cols. 2003, evaluaron histológicamente la longitud del conducto cementario desde el foramen hasta la unión cemento-dentina-conducto, así como el diámetro del foramen apical y la constricción apical, concluyeron que la utilización de dichos puntos como referencias para determinar el límite apical ideal no son fiables, ya que es imposible su localización clínica.

Constricción apical: Kuttler Y. 1955 señala que el diámetro más estrecho del conducto no se encuentra en el punto de salida del mismo, sino que suele localizarse en la dentina, justo

antes de las primeras capas del cemento dentario. El autor denomina a este punto como el diámetro menor del conducto, aunque actualmente se utiliza con más frecuencia el término de constricción apical. Krell K. y cols. 1985 confirma que existe una constricción que mide en promedio 224 micrómetros en los jóvenes y 210 micrómetros en adultos (zona de unión entre el conducto dentinario y el conducto cementario).

Dummer y cols. 1984, concluyeron que la topografía de la constricción nunca fue constante, razón por la cual, señalaron cuatro tipos: A. constricción tradicional o sencilla, B. constricción con la porción más estrecha cerca del ápice actual, C. tipo multiconstricción, D. la constricción es seguida por una porción estrecha y paralela al conducto.

Foramen Apical: Kuttler Y. 1955, definió el foramen apical como una circunferencia en forma de túnel o cráter que diferencia la terminación del conducto cementario de la superficie exterior de la raíz. El promedio del diámetro del foramen en jóvenes es de 502 micrones y de 681 micrones en personas de edad avanzada. Del mismo modo determinó que el menor diámetro del conducto radicular es encontrado usualmente en la dentina justo antes de la porción cementaria.

Para Green 1960, describió las diversas formas del foramen apical como circular, ovalado, asimétrico, o en forma de reloj de arena en la raíz distal de los molares inferiores, afirmación que posteriormente sería considerada por otros autores. Kerekes en el 1979 de manera similar, reportó un porcentaje de desviación del foramen de un 69,3% para dientes anteriores y 50,0% para dientes posteriores

Foraminas accesorias: Exámenes histológicos con cortes seriados de raíces, evidencian la presencia frecuente de foraminas accesorias (Pucci *et. al.*, 1944; Hess W., Zurcher E. 1925).

Pucci y Reig 1945 afirman que en el momento en que se va a alcanzar la apertura apical, un conducto puede dividirse en dos o más ramas, teniendo cada una el mismo o casi el mismo diámetro. Este sistema, correspondiente a un “delta apical” lo definieron como “un complejo anatómico el cual está constituido por múltiples terminaciones de distintos conductos que alcanzan el foramen apical, formando un delta de ramas terminales” (Fig. 5)



Fig.-5 Radiografía que muestra claramente a nivel apical la obturación de las ramificaciones terminales que forman un delta apical. Cortesía del Profesor Carlos Bóveda Z.

Conducto cementario: De acuerdo con Kuttler Y 1961 el conducto radicular está dividido en una larga porción cónica de dentina y en una corta porción de cemento en forma de túnel. La porción cementaria o conducto cementario generalmente tiene la forma de un cono invertido con su diámetro más estrecho en o cerca de la unión cementodentinaria y su base en el foramen apical.

Conductos laterales: Durante la formación de la vaina de la raíz, se produce una pequeña brecha como consecuencia de la interrupción de la continuidad de la vaina. Cuando esto sucede, no tiene lugar la dentinogénesis; el resultado es la formación de un pequeño conducto accesorio entre el saco dental y la pulpa (Fig.6) (Cohen S. 1999).



Fig.-6 Microfotografía mediante microscopía de scanner electrónico que muestra la presencia de un conducto lateral. Tomado de Tam Yu 2002

Ápice anatómico: Es el extremo de la raíz determinado morfológicamente (Glossary 1998).

Ápice radiográfico: Es la punta o extremo de la raíz determinado morfológicamente en la radiografía

OBTURACION DE CONDUCTOS RADICULARES

La obturación es el reemplazo del contenido del sistema del conducto radicular y del espacio creado por la preparación quirúrgica por un material que lo rellene en forma permanente, tridimensional y estable, cerrando toda comunicación con el periodonto apical. El objetivo ideal de la obturación es:

- ✚ Brindar una barrera hermética a la penetración microbiana y a los fluidos titulares (Siragusa 1995).
- ✚ Rellenar de manera tridimensional, la totalidad del sistema de conductos radiculares con un material que sea estable y biocompatible, sin sobrepasar el límite apical de la preparación (Gutmann JL. *et. al.*, 1998; Canalda SC. 2006).
- ✚ Posibilitar la reparación biológica de los tejidos afectados (Gutmann JL. *et. al.*, 1998; Canalda SC. 2006).

MATERIALES NUCLEO

Una gran variedad de materiales para rellenar el sistema de conductos han sido utilizados a través de los años. Actualmente, los métodos empleados con mayor frecuencia en la obturación de los conductos radiculares se basan en el uso de conos semisólidos como material base. Entre los materiales núcleo se encuentra la gutapercha, puntas de plata, puntas elaboradas con acrílico y un nuevo material de polímero sintético basado en policaprolactona (Resilon; Resilon Research LLC; Madison; CT) (Savariz A. 2010).

La Gutapercha desde su introducción por Bowman en 1867 (Lee CQ. *et. al.*, 1997), es el material núcleo universalmente aceptado (Weine FC. 1991) y utilizado en la obturación de los conductos radiculares. Es un polímero orgánico natural (poliisopreno) con diferentes formas estereoquímicas, que le confieren distintas propiedades: viscoelasticidad, biocompatibilidad, inerte, sin capacidad inmunogénica, radiopaca, no tiñe los tejidos dentales, fácil eliminación del conducto radicular (Canalda SC., 2006; Tvares T. *et. al.*, 1994), aunque su composición química sea la misma (Marciano J. *et. al.*, 1993).

La gutapercha sigue siendo uno de los materiales predilectos, pero debido a su falta de adhesión a las paredes dentinarias, debe estar siempre combinada con un sellador que actúe como interface entre la masa de gutapercha y la estructura dentaria (Siragusa 1995).

CEMENTOS SELLADORES

El uso de un agente sellador para obturar los conductos radiculares es esencial para el éxito del proceso de obturación. No solo ayuda a lograr el sellado tridimensional sino que también sirve para rellenar las irregularidades del conducto y las pequeñas discrepancias entre la pared dentinaria y el material sólido de obturación (Fig. 7). También se utilizan como

lubricantes y ayudan al asentamiento del material sólido de obturación durante la condensación (Cohen 1999).

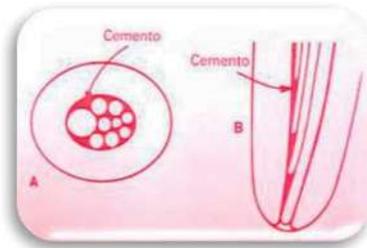


Fig.-7 En esta imagen podemos observar que el cemento sellador rellena las irregularidades del conducto y las pequeñas discrepancias entre la pared dentinaria y el material sólido de obturación (A y B).
Imagen tomada de www.iztacala.unam.mx

El cemento sellador debe poseer ciertas características que son determinantes para asegurar el éxito del tratamiento endodóntico. Se han mencionado varias condiciones ideales que deben cumplir estos materiales. Dentro de ellos Grossman incluyó los siguientes:

1. La habilidad para adherirse a la superficie radicular tridimensionalmente.
2. No citotóxico y bien tolerado por los tejidos perirradiculares.
3. Buena estabilidad dimensional.
4. No reabsorbible.
5. Insoluble en tejidos orales.
6. Soluble con disolventes.
7. Fácil de manipular.
8. Buena radiopacidad.
9. Que no produzca corrosión.
10. Proveer un selle hermético.
11. No pigmentar la estructura.

12. Bacteriostático (Ingle J. *et. al.*, 1996).

Hasta el momento no existe un cemento sellador que cumpla con todos los requisitos anteriormente mencionados. Debido a esto, nuevas fórmulas se han propuesto para tratar de abarcar mejores propiedades en estos materiales; es por ello que el endodoncista debe tener el suficiente conocimiento de acuerdo con las características clínicas de cada caso al momento de escoger el cemento sellador. Sin embargo, la capacidad de selle y biocompatibilidad son los requisitos esenciales de estos materiales para lograr un tratamiento endodóntico exitoso (Koulaouzidou EA. *et. al.*, 1998).

SELLADORES A BASE DE OXIDO DE ZINCEUGENOL

El cemento original fue el perfeccionado por Rickert (Kerr Sybron Corp.) y fue usado como norma durante años. Se ajustaba a los principios de Grossman, excepto por el manchado del tejido dentario que producía debido al contenido de plata, para lograr radiopacidad. En 1958 Grossman introduce un cemento no manchador, que se convirtió en el patrón con el cual se comparan todos los demás cementos. Comercialmente se conoce como Procosol (Procosol Chemical Co.), Roth's 801 (Roth Pharmacy), Endoseal (Centric, Inc), etc (Grossman 1959).

Polvo:

-  Protoxido de zinc
-  Resina hidrogenada

- ✚ Subcarbonato de bismuto
- ✚ Sulfato de bario
- ✚ Borato de sodio anhidro

Liquido:

- ✚ Eugenol

Estos cementos a base de óxido de zinc-eugenol tienen un tiempo de manipulación prolongado, buena plasticidad, endurecimiento lento en ausencia de humedad y con muy poco cambio volumétrico. Otros cementos a base de Oxido de zinc-eugenol son: Tubliseal (Kerr Sybron Corp.), Pulp Canal Sealer (Kerr Manufacturing Co.), EndoSeal (Ultradent Products, Inc.). Hay algunas variantes medicinales que aún se utilizan como el N2, RC2B, Spad y Endomethasone, cuyo común denominador es el contenido de formaldehído (Ingle 2000).

La biocompatibilidad de un sellador endodóntico contribuye al éxito clínico de la terapia endodóntica. Un material tóxico puede retrasar la reparación de los tejidos periapicales o causar una reacción tisular inflamatoria. Cuando se colocan materiales a base de óxido de zinc eugenol en contacto con tejidos vivos, causan una respuesta inflamatoria de leve a severa. La toxicidad de los selladores a base de óxido de zinc eugenol se ha estudiado in vitro, la mayoría de los estudios que utilizan técnicas de cultivos celulares han demostrado que el óxido de zinc eugenol es citotóxico (Araki 1994).

SELLADORES A BASE DE RESINAS PLASTICAS

Schroeder y cols. 1959, idealizo el cemento a base de resinas plásticas, que es una combinación macromolecular sintética del grupo de resinas epoxi. Los cementos a base de resina plástica se indican con frecuencia por su excelente adherencia a la dentina, y hay muchos estudios que atestiguan su gran capacidad de sellado marginal. Su amplia utilización en Europa o en Estados unidos se atribuye, principalmente a sus buenas propiedades físico-químicas.

AH-26, AH-Plus (Dentsply/DeTrey), TopSeal (Dentsply/ Maillefer-Suiza), Thermaseal Plus (Dentsply/Tulsa Dental), EZ (Essential Dental Systems, Inc.), EndoRez (Ultradent Products, Inc.), Adseal (Meta Biomed).

CEMENTOS A BASE DE RESINAS HIDROFILICAS

Estas son las encargadas de conseguir la unión a dentina impregnando la capa híbrida y formando "tags" aprovechando precisamente la humedad de la dentina. Los agentes de unión a dentina han logrado un buen sellado, con penetración de la resina a los túbulos dentinarios; la resina no solo penetra en el túbulo principal si no en sus ramificaciones (Mamootil *et. al.*, 2007).

Dentro de este grupo se encuentra: ENDOREZ (Ultradent), HYDRON (NDP Dental Sytem)

SELLADORES A BASE DE HIDROXIDO DE CALCIO

Los dentistas han estado utilizando los productos químicos a base de calcio en la práctica clínica desde hace más de un siglo. Hidróxido de calcio fue introducido a la endodoncia por

Herman en 1920 por su capacidad de reparación pulpar (Fidel R. *et. al.*, 1994). El hidróxido de calcio es considerado un agente inductor de tejidos calcificados en los procedimientos de recubrimiento pulpar indirecto y directo. Es un potente agente bacteriostático y bactericida, para el control de microorganismos, cuando es usado como medicamento dentro del conducto radicular. Actúa como agente catalizador en la modificación del pH en los tejidos periapicales, para favorecer el proceso de cicatrización. Es un excelente agente higroscópico en el control del exudado en conductos radiculares de piezas dentarias con lesiones periapicales grandes, que permanecen húmedos persistentemente. Induce el cierre apical en la apicogénesis y la apicoformación. Actúa como una barrera apical, cuando es colocado como tapón dentro del conducto radicular, para obtener el sellado apical y permitir la obturación convencional. En los procedimientos donde es necesaria la formación de un tejido calcificado, tales como en perforaciones y en fracturas, se indica con frecuencia su uso, debido a su potencial osteogénico y osteoinductor.

Se usa como componente de cementos selladores para la obturación de conductos radiculares. Entre ellos se encuentra: Sealapex (Kerr-Sybron Corp), Apexit (Vivadent/ Ivoclaar, Schaan, Liechtenstein), Life (Kerr-Sybron Corp), CRCS - Calcibiotic Root Canal Sealer (Hygenic Co), Vitapex (Dia-Dent Group International Inc.), Calasept (Nordiska Dental AB), Sealer 26 (DentsplyIndustria e Comércio Ltda., Petrópolis, RJ,Brasil).

Tronstad y cols. 1981 estudiaron el cambio de pH luego de un tratamiento endodóntico en dientes de mono, concluyendo que el hidróxido de calcio actúa alrededor de las áreas de

reabsorción, impidiendo la actividad de los osteoclastos y estimulando el proceso de reparación de los tejidos.

CEMENTOS A BASE DE IONOMERO DE VITRIO

Los Ionómeros Vítreos fueron desarrollados por Wilson y Kent en 1972. En la mayoría de los Ionómeros Vítreos el líquido es esencialmente un ácido poliacrílico entre el 35% y 50% con ciertos aditivos como el ácido itacónico. Tiene la capacidad de crear enlaces hidrógeno con el colágeno y los componentes inorgánicos de la estructura dentaria, particularmente con el calcio. Esta quelación proporciona un enlace químico entre el material y la estructura dental. Algunos líquidos contienen ácido tartárico, maleico o ambos que actúan como agentes endurecedores y aceleradores para acortar el tiempo de fraguado. El polvo del Ionómero es un vidrio de alúminosilicato. Si se deshidrata durante las 24 horas siguientes a la preparación la mezcla se agrietaría y se quebraría. Si absorbiese agua durante los diez o treinta minutos siguientes a la preparación, la matriz experimentaría una rápida erosión. Sólo se obtiene una buena dureza de superficie cuando llega a formarse sin haber perdido o añadido agua durante el período inicial de endurecimiento (Albers 1988).

Pitt Ford propuso el uso del ionómero de vidrio como sellador endodóntico en 1979, pero fue en 1991, que el ionómero de vidrio fue introducido como un cemento sellador endodóntico por la compañía ESPE llamado Ketac-Endo (ESPE/Seefeld, Alemania). Se sugirió inicialmente que el cemento se utilice con un cono único sin condensación lateral convencional con la idea de disminuir la posibilidad de crear fracturas radiculares (Leonardo 1998).

Entre ellos se encuentran Ketac-Endo (3M Espe, Estados Unidos), Endion, Endoseal (Promedica), KT-308 (GC Corporation. Japón), ZUT (Universidad de Toronto. Canadá)

CEMENTO A BASE DE SILICONA

Los materiales a base de silicona, se usan hace mucho tiempo en la odontología, y son los que se prefieren para modelado por la escasa alteración dimensional y baja absorción de agua. También se usa en prótesis bucomaxilofacial para corregir deformaciones en razón de sus buenas propiedades físicas, y como implantes subperiostales por su biocompatibilidad (Phipps *et. al.*, 1981). Los cementos selladores basados en silicona se introdujeron en la década de los 80, en razón de la buena tolerancia tisular de la silicona y por su capacidad de sellar hasta en presencia de humedad, ese material se emplea en la composición de cemento para obturación de conducto radicular.

Entre ellos se encuentran LEE ENDO FILL (Lee Parapharmaceuticals), RSA ROEKOSEAL (Roeko), GUTTAFLOW (Coltene Waledent).

CEMENTOS A BASE DE POLIESTERES

Es un sistema de obturación que busca sustituir la gutapercha con la finalidad de proporcionar un sellado superior en los conductos radiculares. El sistema consta de tres partes: un material de núcleo (RESILON), es una base sintética termoplástica de polímeros (poliéster) como material de obturación radicular (componente principal); un material sellador (Epiphany, Real Seal) compuesto a base de resina que forma una unión entre la pared de la dentina y el material del núcleo por reacciones químicas y luz halógena; y un Primer, que prepara la pared del conducto para ponerse en contacto con el sellador y el material del núcleo (Teixeira FB. *et. al.*, 2004; Burnett F. *et. al.*, 2004).

La aplicación endodóntica de este sistema es que permite la formación del llamado “monobloque” por la unión de la dentina radicular, selladores y resinas (Teixeira FB. *et. al.*, 2004; Burnett F. *et. al.*, 2004), el cual que tiene el potencial de fortalecer la estructura del diente atenuada por un tratamiento de endodoncia (Teixeira FB. *et. al.*, 2004), al mismo tiempo, garantiza un sellado completo del conducto radicular, resistente a la filtración bacteriana.

Dentro de este grupo se encuentra: EPIPHANY (Petron Sybron) y REAL SEAL (Petron Syvron)

CEMENTOS A BASE DE MTA

El agregado Trióxido Mineral (MTA) fue descrito por primera vez en la literatura científica dental por Lee *y cols en* 1993, sin embargo fue aplicado y patentado en 1995 por Torabinejad y White, 1995,1998. Posee la aprobación de la Administración Federal de Drogas de los Estados Unidos de Norte America y está disponible en MTA ProRoot (Tulsa Dental Products, Tulsa, OK, USA), MTA- Angelus (Angelus Soluções Odontológicas, Londrina, PR, Brasil).

El MTA se comercializa en dos formulaciones: gris (GMTA) y blanco (WMTA). Se diferencian principalmente en cuanto a su composición química, debido a gris MTA tiene una mayor concentración de aluminio, magnesio y óxido de hierro principalmente (Asgary S. *et. al.*, 2005). Los resultados biológicos demostraron que el MTA ofrece una respuesta favorable hacia os tejidos, caracterizado por la falta de inflamación grave, la presencia de la cápsula fibrosa, y la inducción de tejido duro.

Aunque el MTA tiene varias propiedades favorables que apoyan su uso clínico, el manejo es difícil debido a la consistencia granular (Islam I. *et. al.*, 2006) tiempo de fraguado es largo (Chng HK. *et. al.*, 2005), y posible desplazamiento fuera de la cavidad en el momento de su colocación (Kogan P. *et. al.*, 2006). La mayoría de las complicaciones de endodoncia se encuentran en lugares de difícil acceso, lo que dificulta el empleo del MTA.

En la actualidad, se han desarrollado selladores endodónticos para la obturación de los conductos radiculares que contienen MTA, por ejemplo, Endo CPM Sealer (EGEO, Buenos Aires, Argentina), ProRoot Endo Sealer (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza), y selladores experimentales a base de MTA "FILAPEX" (una asociación entre el 80 % de blanco cemento Portland y 20% de óxido de bismuto) y se les adiciona polímeros solubles en agua (Camieri J y cols. 2011). Los selladores que contienen MTA son biocompatibles y estimulan la mineralización (Gomes-Filho JE. *et. al.*, 2009). También presentan una mayor adherencia a la dentina que los convencionales cementos de óxido de zinc / eugenol (Huffman BP. *et. al.*, 2009) y tienen la capacidad de sellado similar a los cementos a base de resina epoxi (Weller RN. *et. al.*, 2008).

Composición

El MTA es un polvo que consta de partículas finas hidrofílicas que fraguan en presencia de humedad. La hidratación del polvo genera un gel coloidal que forma una estructura dura.

El material MTA está compuesto principalmente por partículas de:

- ✚ Silicato tricálcico

- ✚ Silicato dicálcico

- ✚ Aluminato férrico tetracálcico
- ✚ Sulfato de calcio dihidratado
- ✚ Óxido tricálcico y
- ✚ Óxido de silicato

Además de una pequeña cantidad de óxidos minerales, responsables de las propiedades físicas y químicas de este agregado. Se le ha adicionado también óxido de bismuto que le proporciona la radio- opacidad (Wucherpfennig AL. *et. al.*, 1999).

El MTA, es utilizado en obturaciones retrogradas en la realización de apicectomías, recubrimientos pulpares y pulpotomias, terapia en pulpas no vitales, reparación de perforaciones dentales, barrera durante el blanquimiento dental y actualmente se utiliza también como cemento sellador endodóntico (MTA Fillapex® (Angelus)). Investigaciones lo señalan como un material ideal en diferentes procedimientos odontológicos.

CEMENTOS A INVESTIGAR

SEALAPEX

Este cemento es fabricado por la casa Kerr/Sybron, como hidróxido de calcio polimérico, para el sellado de conductos radiculares (Fig.8) (Leal 1994).



Fig.-8 Presentación comercial del cemento Sealapex.
Imagen tomada de www.clickdental.com

Soares en el 2002, indica la composición de este cemento, que es una mezcla de etil-tolueno-sulfonamida, mutilen-metil-salicilato, isobutil-salicilato y pigmento, de la siguiente forma:

- ✚ Hidróxido de Calcio 25%
- ✚ Sulfato de Bario 18.6%
- ✚ Oxido de Zinc 6.5%
- ✚ Dióxido de Titanio 5.1%
- ✚ Estearato de Zinc 1%

Es un cemento de tipo pasta-pasta que viene en una presentación de dos pequeños tubos: uno que contiene la base y, el otro, el catalizador. Para su preparación se utilizan porciones iguales tanto de base como de catalizador. Presenta un tiempo de fraguado entre los 30 y 40 minutos dentro del conducto radicular, la humedad acelera el tiempo de fraguado por eso siempre es conveniente que el conducto este lo más seco posible, (Leal 1994). Su plasticidad y corrimiento son adecuados, mientras que su radiopacidad es escasa (Soares 2002).

En términos generales se puede decir que el Sealapex presenta buenas condiciones de uso clínico en cuanto a tiempo de trabajo y fraguado, consistencia, viscosidad y plasticidad; se inserta fácilmente en el conducto radicular.

AH PLUS

AH-Plus es un sustituto de AH26 (versión mejorada), fue introducido por Dentsply/DeTrey (Fig.9). Es un cemento sellador de conductos basado en un polímero de epoxi-amina con formaldehído en su composición. Según la casa comercial, ofrece incluso mejor biocompatibilidad, mejor radio-opacidad y estabilidad de color y es más fácil de eliminar. Su

manipulación también es más fácil y rápida. Es químicamente inerte tras su fraguado. Es un sistema pasta/pasta. La consistencia proporciona a la mezcla una óptima viscosidad. Posee una fluidez adecuada con baja contracción y solubilidad lo que asegura un buen sellado. Puede usarse con todas las técnicas conocidas de obturación incluso con gutapercha condensada con calor. (AH Plus™., 2002)



Fig. 9 Presentación comercial del cemento AH Plus.
Imagen tomada de www.dentsply.es/endo/ahplus.htm

Cumple con la mayoría de los postulados de Grossman en el 1959, tales como adhesión, fluidez o capacidad antimicrobiana. Los cementos selladores que poseen tanto una óptima fluidez como una adecuada capacidad antimicrobiana, teóricamente ayudarían a la eliminación de los microorganismos situados en áreas localizadas del sistema radicular. Su composición es:

Pasta Amina

- ✚ Anima adamantina
- ✚ N,N-Dibenzyl-5-oxanonano-diamina-1,9-TCD-diamina
- ✚ Tungstato de Calcio
- ✚ Aerosil
- ✚ Aceite de silicona

Pasta epoxica:

- ✚ Resina epoxica
- ✚ Tungstato de calcio
- ✚ Oxido de zirconio
- ✚ Aerosil
- ✚ Oxido de hierro

MTA FILLAPEX (ANGELUS)

Se ha creado recientemente un sellador endodóntico a base de MTA (MTA Fillapex ®, Angelus Soluções Odontológicas, Londrina, PR, Brasil). La composición es similar a la MTA, excepto de la adición de resina natural y sílice nanopartículas. El cemento sellador tiene un pH alcalino y libera calcio para estimular la mineralización del tejido similar al MTA blanco (Milton CK. *et. al.*, 2011). (Fig.10)



Fig.-10 Presentación comercial del cemento
Imagen tomada de www.rocedental.com/template.php?id=111

MTA FILLAPEX es un cemento de obturación de conductos radiculares a base de MTA (mineral trióxido agregado). Y su composición proporciona al producto las siguientes características:

- ✚ Sellado marginal de larga duración.
- ✚ Alta radiopacidad.

- ✚ Estimulación de la formación de tejido duro en el ápice dental y en áreas de perforación.
- ✚ Baja expansión de fraguado.
- ✚ Baja solubilidad en contacto con fluidos tisulares.
- ✚ Excelente viscosidad para la obturación de canales radiculares.
- ✚ No mancha al diente.
- ✚ No contiene eugenol, no interfiere con la polimerización de materiales de restauración resinosos.
- ✚ Tiempo de trabajo apropiado para procedimientos endodónticos.
- ✚ Puede ser removido utilizando las técnicas convencionales de remoción de gutapercha.

COMPOSICIÓN

Resina salicilato, Resina diluyente, Resina natural, Óxido de Bismuto, Sílica nanoparticulada, Mineral Trióxido Agregado, Pigmentos

PENETRACION DE LOS CEMENTOS SELLADORES AL TUBULO DENTINARIO

El uso de un cemento sellador en conjunto con un núcleo de material de relleno se recomienda para la mayoría de las técnicas de obturación (Gutmann y Witherspoon en el 2002). La Gutapercha por si sola (GP) no tiene propiedades de unión a la dentina independientemente de la técnica de obturación utilizada (Evans y Simon 1986). Los Cementos selladores crean una unión entre el material del núcleo y la pared del conducto llenando cualquier espacio residual (Hata *et. al.*, 1992). Además el cemento sellador a menudo tiene la capacidad de penetrar en áreas tales como los conductos laterales y los túbulos dentinarios. La penetración de los cementos selladores en los túbulos dentinarios se considera un resultado deseable por muchas razones: aumenta la interface entre el material del nucleo y la dentina, mejorando así la capacidad de sellado y la retención del material por bloqueo mecánico. Los cementos selladores también puede sepultar las bacterias residuales dentro del tubulo dentinario, y sus componentes químicos pueden ejercer un efecto antibacteriano que se potencializa estando cerca a las bacterias (Heling y Chandler 1996). Existe una relación inversa entre la microfiltración y la penetración en los túbulos dentinarios de los selladores es decir, a medida que aumenta la penetración, la microfiltración disminuye (Sen BH. *et. al.*, 1996). Por lo tanto, una mayor penetración de los selladores de conductos radiculares en los túbulos dentinarios puede aumentar el potencial de éxito de tratamiento de endodoncia (Rupali Chadha *et. al.*, 2012).

La aplicación de los conceptos de la odontología adhesiva a la endodoncia ha sido de gran interés por la introducción de selladores a base de resinas y de MTA. Ellos se están convirtiendo en el material de elección debido a su capacidad de penetrar más profundamente

en los túbulos dentinarios en comparación con los selladores ya existentes. La penetración de cementos selladores en los túbulos dentinarios está influenciada por varios factores que incluyen la actividad de los cementos selladores en la superficie, el ángulo de contacto formado entre el sellador y la dentina (Sen BH. *et. al.*, 1996), la remoción del smear layer, la permeabilidad de la dentina y la técnica de obturación (White *et. al.*, 1984, 1987; Oksan *et. al.*, 1993; Kouvas *et. al.*, 1998; De Deus *et. al.*, 2004). Las variaciones en las propiedades físicas y químicas de los cementos selladores también influyen en la profundidad de penetración (Oksan *et. al.*, 1993).

La capacidad de cualquier cemento sellador en particular, para penetrar en los túbulos dentinarios será uno de los factores que influyen en la elección del material sellador. Por consiguiente, es importante para comparar la capacidad que tienen los diferentes tipos de selladores en el tubo dentinario (K. Mamootil & H. H. Messer, 2007)

The Influence of the Smear Layer Upon Dentinal Tubule Penetration by Plastic Filling Materials

Robert R y cols. 1984 evaluaron la influencia que el smear layer podría tener sobre la penetración en los túbulos dentinarios por dos materiales de obturación plástica, PHEMA (Hydron; Nacional de Patentes Desarrollo, Nueva York, NY) y silicona (endo-relleno; Lee Pharmaceuticals, Sur El Monte, CA). La remoción del barro dentinario previa a la obturación del sistema de conductos radiculares puede tener influencia en la capacidad de penetración de los materiales de obturación en los túbulos dentinarios. Se emplearon técnicas recientemente desarrolladas para eliminar el barro dentinario en conductos instrumentados. Estos conductos fueron luego obturados con dos nuevos materiales plásticos de obturación, pHEMA o silicona. Posteriormente se descalcificaron los dientes y se dejó solo el material de obturación. Se recuperaron los patrones de material de obturación y se examinaron usando microscopio de barrido electrónico. En las condiciones en que se realizó este estudio, estos dos materiales de obturación entraron dentro de los túbulos dentinarios. (Fig.11)



A



B

Fig. 11 En estas imágenes se puede observar que cuando existe el barro dentinario hay muy poca penetración del cemento sellador (A), y cuando se remueve el barro dentinario la penetración del cemento es mayor (B). (Robert *et al.*, 1984)

The Influence of the Smear Layer upon Dentinal Tubule Penetration by Endodontic Filling Materials, Part II

Robert y cols. 1987 realizó un estudio para continuar la evaluación de la influencia del la capa del barro dentinario sobre la penetración por materiales de obturación en túbulos dentinarios, tanto técnicas plastificadas como técnicas convencionales in situ. Se utilizaron dientes extraídos para este estudio los cuales fueron instrumentados hasta un diámetro 45 y fueron obturados con los siguientes materiales: pHEMA de silicona, y por condensación lateral, ambas utilizaron cementos selladores. Todas las muestras fueron fracturadas y se prepararon para ser examinadas utilizando microscopía electrónica de barrido. Bajo las condiciones de este estudio, pHEMA, silicona y los selladores se observaron constantemente dentro de los túbulos dentinarios, cuando se removió la capa del barro dentinario antes de la obturación (fig. 12). Cuando la capa del barro dentinario estaba presente durante la obturación, la penetración de los materiales en los túbulos era impredecible y poco frecuente.

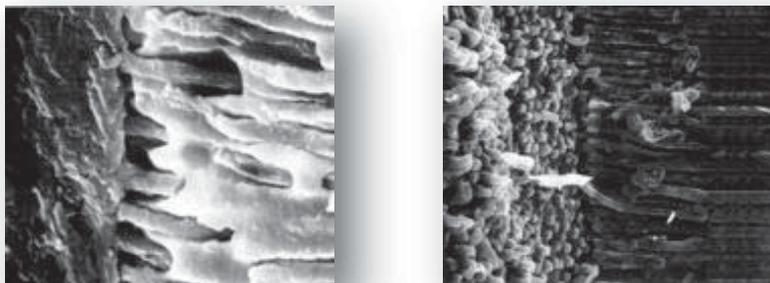


Fig.- 12 En estas imágenes se puede observar que el material de obturación (B) y el cemento sellador (A) penetraron en los túbulos dentinarios después de la remoción del barro dentinario. (Robert et al.,1987)

Depth of Penetration and Appearance of Grossman Sealer in the Dentinal Tubules: An In Vivo Study

Grossman en 1994 estudió la profundidad de la penetración del sellador (tipo Grossman) y su apariencia en los túbulos dentinarios en un estudio *in vivo* realizado en piezas dentarias con tratamiento de conductos radiculares, y analizó si existía relación entre la penetración del cemento sellador y el tiempo de permanencia de las piezas dentarias en boca. Los resultados obtenidos en esta investigación fueron En el grupo A: Las paredes de los conductos radiculares estaban completamente cubiertas con una capa gruesa de smear layer. Su apariencia era similar a la de la capa de smear layer que cubre las paredes de los conductos en las raíces preparadas *in vitro*. En el grupo B: el Sellador bajo al MEB, se observa en forma de varilla o granular, y estaba presente en la mayoría de los túbulos dentinarios del grupo B a una distancia de hasta 200µm de las paredes de los conductos; en dos casos hasta 900 µm. La profundidad de penetración del sellador más alta fue en el tercio medio de la raíz. El smear layer no impidió que el sellador entrara en los túbulos dentinarios. Las diferencias tanto en la profundidad de penetración como en el aspecto del sellador no se atribuyen a los diferentes períodos de tiempo que los dientes permanecieron en boca después del tratamiento endodóntico.

Effect of obturation technique on sealer cement thickness and dentinal tubule penetration

Weis y cols. 2004, compararon el espesor promedio del cemento sellador y el grado de penetración del sellador en los túbulos dentinarios en asociación con cuatro técnicas de

obtención (Thermafil; compactación lateral, onda continua, y SimpliFill) a diferentes niveles, en estrechos conductos curvos radiculares preparados por una instrumentación rotatoria de Ni-Ti. Resultados: (espesor del sellador) En general, todas las secciones transversales a todos los niveles, demostró una capa selladora visible y continua circunferencialmente que se podía medir en el rango de 1-2 μm dependiendo de la calidad de las diapositivas proyectadas. La técnica SimpliFill resultó con mayor espesor en relación al sellador (47.6), siguiendo onda continua (12.2 μm), condensación lateral (11.1 μm) y siendo el de menor espesor Termafil a todos los niveles (2,2 μm). (Profundidad de penetración) en general, los resultados sugieren que las diferentes técnicas de obturación produce profundidades similares de penetración del sellador en promedio ($P > 0,05$) (Fig.13). En aproximadamente el 10% de las muestras, sellador era capaz de penetrar en los túbulos dentinarios hasta el exterior CDJ. En promedio la mayor frecuencia y la profundidad de penetración del sellador se observó en el cuadrante al nivel 3, 5 mm, donde la penetración se detectó en aproximadamente el 80% de las muestras. En promedio la menor penetración se observó en el cuadrante al nivel 4, 1 mm, donde la penetración se demostró en aproximadamente 25% de las muestras, rara vez se extiende más allá del tercio interno. La mayor penetración se encuentra en el nivel de 5 mm seguido por el nivel de 3 mm, que a su vez fue mayor que en el nivel de 1 mm. Se mostró una mayor profundidad de penetración del sellador para cuadrante 3 (lejos del istmo) y una menor profundidad de penetración para el cuadrante 1 (hacia el istmo) (Fig.14). En relación a la presencia de espacios: SimpliFill registró el mayor número de espacios, seguido de onda continua y la técnica de condensación lateral. Thermafil demostró la presencia de sólo espacio y por lo tanto ha sido eliminada del análisis estadístico.

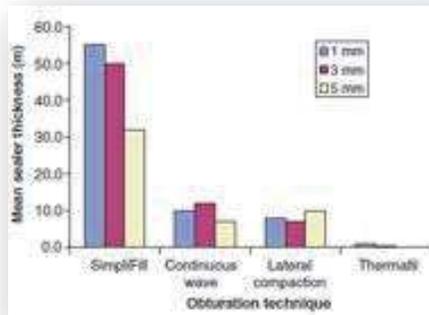
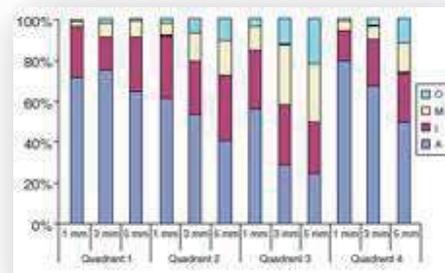


Fig.-13 La media del espesor del sellador en relación con las diferentes técnicas de obturación a diferentes niveles 1,3 y 5mm. (Weis et al., 2004)

Fig.-14 La profundidad de la penetración de sellador para todas las técnicas en los túbulos dentinarios en los diferentes cuadrantes en los niveles 1,3 y 5 mm de longitud de trabajo. A, ausente; I, interior de una tercera, M, tercio medio; O, exterior de un tercio. (Weis et al., 2004)



The Influence of the Smear Layer on Dentinal Tubule Penetration Depth by Three Different Root Canal Sealers: An In Vitro Study

Andreas B y cols. 2004, examinaron in vitro el efecto del smear layer en la profundidad de penetración por tres cementos selladores diferentes en los túbulos dentinarios. Los cementos selladores que fueron seleccionados para este estudio fueron una resina epoxi AH Plus (Dentsply, Trey, Konstanz, Alemania), hidróxido de calcio Apexit (Vivadent; Ivoclaar, Schaan, Liechtenstein), y cemento Grossman tipo Roth 118 (Roth internacional, Chicago, IL, EE.UU.). El microscopio electrónico de barrido reveló que el smear layer obstruyó la penetración de todos los selladores en los túbulos dentinarios. En contraste, la remoción del smear layer permitió la penetración de todos los selladores a una profundidad variable. Estos hallazgos

sugieren que el smear layer juega un papel importante en la penetración de sellador en los túbulos dentinarios, así como en las implicaciones clínicas potenciales. (Fig.15)

TABLE 1. Maximum penetration depth values for each sealer after smear layer removal (group B).

Root Number	AH Plus	Apexit	Roth 611
1	49	60	19
2	52	65	17
3	59	59	20
4	55	62	19
5	56	55	18
6	61	61	19
7	50	64	21
8	57	58	17
9	59	59	19
10	58	51	20
Mean ± SD	54.8 ± 3.8	59.4 ± 4.1	18.9 ± 1.2

Penetration depth is expressed in μm .

Fig.-15 Apexit muestra la mayor penetración en los tubulos dentinarios 59 μm , seguido de AH Plus 54 μm , y en último lugar Roth 18 μm . (Andreas B y cols. 2004)

ROOT CANAL SEALERS: scanning electron microscope study of tubular penetration.

Balguerie E y cols. 2007 evaluaron la penetración de 5 cementos selladores radiculares en los túbulos dentinarios: a zinc-oxide-eugenol-based sealer (Endobtur®, Septodont, Saint-Maur, France), a glass-ionomer sealer (Ketac Endo®, ESPE, Seefeld, Germany), a calcium-hydroxide-based sealer (Acroseal®, Septodont, Saint-Maur, France), an epoxy-resin-based sealer (AH Plus®, Dentsply/De Trey, Konstanz, Germany), and a silicon-based sealer (Roeko Seal Automix RSA®, Roeko, Langenau, Germany). Resultados: Ketac Endo fue el sellador único que no penetró en los túbulos dentinarios. En el tercio apical, sólo AH Plus penetró en

los túbulos dentinarios. En el tercio medio y coronal, Acroseal y Plus AH mostraron los mejores resultados ($p < 0,03381$), por delante de Endobtur y RSA.

The penetration of RealSeal primer and Tubliseal into root canal dentinal tubules: a confocal microscopic study

Patel DV y cols. 2007, realizaron un estudio donde compararon, por medio de microscopía confocal, la profundidad de penetración en los túbulos dentinarios de RealSeal con la de un sellador endodóntico bien establecido (Tubliseal) que se utiliza en combinación con la condensación lateral. La profundidad de penetración de RealSeal en cada uno de los tercios del conducto radicular, se encontró que era mayor que la de Tubliseal ($P < 0,05$). La profundidad de penetración de los cementos selladores resultó ser significativamente diferente ($p = 0,001$). La media de la penetración del grupo fue RealSeal $908,8\mu\text{m}$ mientras que el valor promedio para el grupo Tubliseal fue $139,5\mu\text{m}$. (Fig. 16)

Table 1 Penetration depths of the two experimental groups

Location of the observed sections	Tubliseal			RealSeal		
	Sample size	Mean penetration (μm)	SD	Sample size	Mean penetration (μm)	SD
Coronal	40	190.88	78.07	40	1114.88	291.19
Middle	40	142.25	79.26	40	914.88	229.70
Apical	40	85.50	62.55	40	696.75	313.55
Combined	120	139.54	84.90	120	908.83	326.65

Fig.- 16 Penetración de los cementos selladores a nivel del tercio medio, cervical y apical, siendo el tubliseal el que mayor penetró.

Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo

Mamootil K., Messer HH en el 2007 compararon la profundidad y la consistencia de la penetración de tres diferentes cementos selladores en los túbulos dentinarios en dientes extraídos, y para investigar la penetración de un cemento epoxi sellador a base de resina en los túbulos dentinarios cuando se coloca en vivo. Los selladores de seleccionados para el estudio de laboratorio eran un sellador de resina epoxi (AH26; De Trey, Dentsply, Konstanz, Alemania), un sellador de óxido de zinc eugenol (ZnOE) (Pulp Canal Sealer EWT, Kerr, Sybron Dental Specialties, Romulus, MI , EE.UU.) y un sellador de resina de metacrilato (EndoRez; Ultradent Products, South Jordan, UT, USA). Resultados: (**dientes extraídos**) Hay una clara diferencia entre las medias de penetración del sellador basado en ZnOE y los selladores a base de resina. Las diferencias entre AH2 (1337 μm) y Pulp Canal Sealer EWT (71 μm), y entre EndoRez (863 μm) y Pulp Canal Sealer EWT fueron altamente significativas ($P < 0,005$). La comparación de la profundidad de penetración entre AH26 y EndoRez se encontró también que son significativamente diferentes ($P = 0,01$) (Fig.17). La consistencia de la penetración de los túbulos varía entre los selladores a base de resina y el sellador ZnOE. Los selladores a base de resinas penetraron la mayoría de los túbulos patentes presentes. El sellador ZnOE penetra los túbulos patentes con menos frecuencia. La apariencia de los selladores dentro de los túbulos también difiere entre los tipos de selladores. El sellador ZnOE era granular en apariencia especialmente en el lado periférico de la pared del conducto. Los selladores a base de resina se observaron como largas varillas de paredes lisas llenando completamente el espacio del túbulo. A mayor aumento, tanto AH26 y EndoRez se observaron que penetran y permanecen intactos en las ramas finas laterales entre los túbulos.

(Casos clínicos), el sellador a base de resina se observó como barras intactas con paredes lisas dentro de los túbulos. En los dientes que hubo una penetración más profunda, el sellador se observó consistentemente en la mayoría de los túbulos.

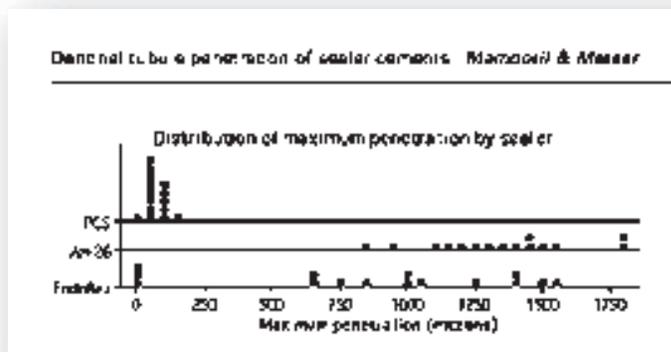


Fig.-17 Hay una clara diferencia entre las medias de penetración del sellador basado en ZnOE y los selladores a base de resina. Las diferencias entre AH2 (1337 µm) y Pulp Canal Sealer EWT (71 µm), y entre EndoRez (863 µm) y Pulp Canal Sealer EWT fueron altamente significativas ($P < 0,005$). La comparación de la profundidad de penetración entre AH26 y EndoRez se encontró también que son significativamente diferentes ($P = 0,01$).

Evaluation of dentinal tubule penetration after the use of dentin bonding agent as a root canal sealer.

Moradi S. y cols. en el 2009 compararon la eficacia de Excite DSC (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), un agente de adhesión a la dentina, con AH-26 (Dentsply, Detrey, Alemania) como sellador del conducto radicular mediante la evaluación de la profundidad de penetración en el túbulos dentinarios y la densidad de los tags de los dos compuestos. En la evaluación a corto plazo, la media de profundidad de penetración de AH-26 en las secciones apicales (520,48 µmol / L) fue significativamente más alto que el de Excite DSC (0,00 µmol / l). En la evaluación a largo plazo, el AH-26 exhiben una profundidad significativamente mayor de

penetración en las dos secciones de las apicales (797,74 $\mu\text{mol} / \text{L}$) y media (1162,11 $\mu\text{mol} / \text{L}$) que Excite DSC (321,43 $\mu\text{mol} / \text{L}$ y 657,72 $\mu\text{mol} / \text{L}$, respectivamente).

**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.**

Ordinola-Zapata R. y cols. en el 2009 compararon el porcentaje y la profundidad de la penetración de sellador en los túbulos dentinarios durante la obturación con sellador 26, Guttaflow o Sealapex en los conductos radiculares bajo la técnica de compactación lateral. Sealapex mostró la penetración más profunda en ambos niveles evaluados ($P < .05$). No se encontró diferencia estadística entre el sellador 26 y el sellador Guttaflow a 3 mm y 5 mm. No se encontró diferencia estadística en el porcentaje de penetración de alrededor de la pared del conducto radicular entre los 3 selladores evaluados en ambos niveles. Aunque Sealapex muestra una penetración más profunda en los túbulos dentinarios no hubo diferencia en el porcentaje de adaptación a las paredes de los conductos entre los tres cementos selladores evaluados

Effect of Final Irrigation Regimen on Sealer Penetration in Curved Root Canals

Young-Mi M. y cols. en el 2010 evaluaron el efecto de diferentes protocolos de irrigación final sobre la penetración de sellador en los túbulos dentinarios de conductos radiculares curvos. En este estudio se utilizaron 45 raíces mesiovestibulares de molares inferiores y se dividieron en tres grupos de acuerdo con la irrigación final utilizada: grupo N (control), 3,5% de NaOCl;

grupo E, 17% de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), y ES grupo, 17% de EDTA seguido por 3,5% de NaOCl. Todos los dientes fueron obturados con gutapercha y sellador AH Plus marcado con colorante fluorescente. Se realizaron cortes transversales de 2mm (a nivel del ápice) y a 5mm (a nivel del tercio medio) y se analizaron por medio del microscopio laser confocal electrónico. Las secciones apicales de cada grupo mostró menor porcentaje y una profundidad máxima de penetración de sellador que los cortes coronales ($P < .05$). En los niveles apicales, el grupo E y EN resultó en un mayor porcentaje de penetración del sellador que el grupo control ($P < .05$), pero no hubo diferencia significativa de la profundidad máxima entre el grupo E y el grupo control ($P > 0,05$). En conductos muy curvos, enjuague final con hipoclorito de sodio después de que el uso de EDTA no tuvo ningún efecto adicional sobre la penetración del sellador. El completo desbridamiento con una aplicación de 1-minuto de EDTA sigue siendo un reto en la zona apical de conductos curvos.

Effect of Different Final Irrigation Solutions on Dentinal Tubule Penetration Depth and Percentage of Root Canal Sealer

Kara Tuncer A., Tuncer S. en el 2012 evaluaron los efectos de las diferentes soluciones utilizadas para irrigación final en la penetración del sellador en los túbulos dentinarios. Treinta y dos premolares inferiores fueron tratados con hipoclorito de sodio (NaOCl). Se dividieron en 4 grupos de acuerdo con la solución de irrigación final utilizada: grupo EDTA: 17% de EDTA + 2,5% de NaOCl, grupo ácido maleico (MA): 7% MA + NaOCl al 2,5%, grupo ácido cítrico (CA): 10% CA NaOCl + 2,5%, y el grupo de control: 2,5% de NaOCl. Todos los dientes fueron obturados con la técnica de condensación lateral en frío con gutapercha y utilizando el

AH 26 como cemento sellador (Dentsply, Trey, Konstanz, Alemania) marcado con colorante fluorescente. Los dientes se seccionaron a distancias de 2, 5 y 8 mm desde el ápice de la raíz. El porcentaje total y la profundidad máxima de penetración del sellador se midieron utilizando un microscopio confocal de barrido láser. Los resultados del análisis de Kruskal-Wallis mostró que había una diferencia significativa en el porcentaje y la profundidad máxima de penetración del sellador entre todos los grupos en todas las secciones ($P < 0,05$). Las secciones coronales en cada grupo mostró un porcentaje significativamente más alto en la profundidad máxima de de penetración del cemento sellador que en las secciones apicales y medios ($P < .05$). La irrigación final con EDTA, MA, CA y junto con el NAOCl si afecto la penetración del sellador, es decir que hay una mayor penetración del cemento cuando utilizamos estas sustancias. Sin embargo, no hubo diferencia significativa entre estos grupos experimentales (EDTA, MA, y CA) en todas las secciones.

JUSTIFICACIÓN

En el tratamiento endodóncico convencional, las microfiltraciones, ya sean coronales como apicales, aún son una constante, esencialmente en la interfase entre las paredes del conducto y los materiales de obturación. La obturación debe de sellar completamente el conducto radicular para evitar una irritación en los tejidos periapicales debido a la eliminación incompleta de las bacterias durante la instrumentación. Obtener un sellado tridimensional hermético, a nivel apical y coronal del conducto, es el objetivo ideal de la obturación endodóntica, esto garantizaría el éxito del tratamiento endodóntico, sin embargo las condiciones anatómicas, y propiedades de los agentes cementantes impiden este objetivo. Debido a esto, nuevas fórmulas de cementos selladores se han propuesto para tratar de abarcar mejores propiedades que cumplan con los requisitos del sellador ideal enunciados por Grossman. El presente estudio busca establecer una metodología para determinar bajo condiciones *in vitro* cual de los cementos evaluados ofrecen una mejor penetración en los túbulos dentinarios, por lo tanto cual ofrece un mejor sellado.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL: Determinar mediante la revisión de diversos artículos cual es la metodología más eficaz para comparar la penetración en túbulos dentinarios de tres cementos selladores a nivel del tercio cervical, medio y apical empleando el MEB.

Objetivos específicos:

- ✚ Indicar que metodología es la más adecuada para evaluar microscópicamente el grado de penetración en túbulos dentinarios de los cementos selladores Ah plus, Sealapex, fillapex.
- ✚ Proponer de acuerdo a la revisión de artículos científicos de impacto un método para hacer una comparación entre estos 3 cementos selladores.
- ✚ Determinar por medio del método propuesto, cuál de los 3 cementos tiene mayor capacidad para penetrar los túbulos dentinarios.

HIPÓTESIS

La metodología propuesta nos permitirá evaluar las siguientes hipótesis:

- ✚ Hipótesis de trabajo: que el cemento sellador MTA fillapex (A) tenga mayor penetración en los túbulos dentinarios que los cementos selladores Ah-plus (B) y Sealapex (C).

$H_T: A > B, C$

- ✚ Hipótesis nula: que los cementos selladores MTA fillapex, Ahplus, Sealapex no tengan diferencia significativa en cuanto a la capacidad de penetración en túbulos dentinarios.

$H_o: A = B = C$

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión bibliográfica en revistas científicas de alto impacto como Journal of Endodontics, International Endodontic Journal, Journal of Conservative Dentistry. El periodo de revisión de las publicaciones abarcó desde el año 2004 al año 2012 y se obtuvieron varios artículos proponiendo una metodología para realizar una comparación del comportamiento de tres cementos selladores dentro de los túbulos dentinarios a través del microscopio electrónico de barrido. Y poder conocer cuál de ellos ofrece un mejor sellado en la obturación.

RESULTADOS

En base a las revisiones bibliográficas se propone un protocolo metodológico que evalué la penetración en túbulos dentinarios de tres cementos selladores:

CRITERIOS DE INCLUSION.

- a) Raíces distales de molares inferiores extraídos
- b) Dientes con ápices completamente formados
- c) Dientes que presenten conductor permeables
- d) De reciente extracción y conservados en un medio adecuado

CRITERIOS DE EXCLUSION

- a) Dientes con tratamiento endodóntica previo, que presentes curvaturas muy pronunciadas o que presenten accidentes durante procedimientos previos
- b) Dientes con ápices inmaduros
- c) Piezas con conductos calcificados, resorciones

Serán seleccionados aleatoriamente y cada uno colocados dentro de los tres grupos experimentales.

I. CONSERVACION DE LAS MUESTRAS

- A) Para este estudio se recolectaran raíces distales de molares inferiores de recién extracción (fig.1) provenientes de diversos centros de salud de la ciudad de Morelia, Apeo, y de la U.M.S.N.H. Y deberán ser conservadas en frascos de vidrio con formaldehído al 10%.
- B) Se enjuagaran al chorro de agua para eliminar el formaldehído.
- C) Las muestras se colocaran en un frasco de vidrio con NaOCL al 5.25 %, el cual se introducirá en el ultrasonido Prosonic 2000 (sultan), activandolo durante 10 minutos.
- D) Las piezas deberán ser introducidas en agua bidestilada, después se colocaran en el ultrasonido Prosonic 2000 (sultan) durante 5 minutos, con la finalidad de eliminar el excedente de NaOCL.
- E) Se les removerá el tejido orgánico y el sarro dental con curetas afiladas y puntas para profilaxis (G4) accionadas con el ultrasonido Varios 550 NSK.

F) Finalmente las muestras deben mantenerse en conservación en organizadores de plástico antes y durante su huso.

II. PREPARACION DE LAS MUETRAS PREVIO A LA INSTRUMENTACION

A). Con un disco de diamante brassler se procede a separar la corona de la raíz a nivel unión cemento esmalte.

B). Se patentiza el conducto con una lima Flexofile #10

C). Para la preparación temprana del conducto a nivel cervical (acceso radicular) deberán emplearse Gates Gliden del #4 al #2. Entre cada fresa la irrigación será con 1ml de NaOCL al 2.5% para la eliminación del debris dentinario y con una lima Flexofile #10 se mantendrá la permeabilidad del conducto. Se determinará la conductometria introduciendo la lima #20 hasta que sea visible a la salida del foramen y restándole 0.5 mm para obtener la longitud de trabajo.

D). Se procede a realizar la preparación temprana del conducto a nivel apical (camino guía) con limas Flexofile del #25 a la #35 con 0.5 mm de diferencia en dirección apico-coronal empezando desde la longitud de trabajo. El protocolo de irrigación será con NaOCL al 2.5% entre cada lima, manteniendo permeable el conducto con una lima Flexofile #10.

III. INSTRUMENTACION

A). Se continuará la preparación con la técnica Corono apical (Crown-down) sin ejercer presión apical con limas K3 (Sybron Dental Specialties, Orange, CA) montadas en

contra-ángulo 10:1 con un movimiento 360° en motor ENDO-MATE. Recordando mantener permeable con una lima Flexofile del #10 e irrigando con NaOCL al 2.5%.

B). Al final de la instrumentación se colocará EDTA al 18% durante tres minutos y se irrigará con NaOCL al 5.25% activándolo con ultrasonido (varios 550 NKS) para la eliminación del Smear layer.

C). Como irrigación final se utilizará el agua destilada para remover los restos de las soluciones anteriores.

NOTA: Los instrumentos se utilizarán tantas veces como sea posible. Observando cualquier signo de deformación para ser remplazados con la finalidad de evitar fracturas de instrumentos

D). Las piezas deben de mantenerse en solución salina hasta el momento de la obturación.

E). De forma aleatoria se formarán 3 grupos con n=15 raíces cada uno y 5 raíces se dejarán como grupo control.

IV. MONTAJE DE LAS PIEZAS DENTALES EN EL DISPOSITIVO RADIOGRAFICO

A) Cada una de las muestras se colocarán en material de impresión (Speedex) y serán montadas en el dispositivo de acrílico cristal, el cual se adapta el tubo de rayos X (Corix 70 Plus y al radiovisiografo (kodak 2100). Con la finalidad de obtener

imágenes digitales en una posición estandarizada (altura y distancia) en un plano ortoradial y mesioangulada para la obtención de los siguientes datos:

1. Corroborar la patenticidad de los conductos.
2. Verificar la longitud.
3. Prueba de cono.
4. Evaluar la calidad de obturación radicular.

V. COLOCACION DEL CEMENTO SELLADOR.

Para el grupo A se utilizo el cemento sellador SEALAPEX (Kerr/Sybron):

- a). El cemento sellador se mezclará de acuerdo a las instrucciones del fabricante: en proporciones iguales en longitud de la pasta base y de la pasta catalizadora durante 15 a 20 segundos o hasta que queden perfectamente mezcladas
- b). Se colocará en los conductos el cemento sellador utilizando un lentulo de diametro 25 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) en una pieza de mano de baja velocidad a aproximadamente 2 mm de la longitud de trabajo.

Para el grupo B se utilizó el cemento sellador AH PLUS (Dentsply/DeTrey):

- a). El cemento sellador se mezclará de acuerdo a las instrucciones del fabricante: volúmenes iguales (1:1) de pasta A y de pasta B en una lamina de vidrio o block de mezcla usando una espátula metálica. Mezclar en una consistencia homogénea.

b). Se colocará en los conductos el cemento sellador utilizando un lentulo de diametro 25 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) en una pieza de mano de baja velocidad a aproximadamente 2 mm de la longitud de trabajo.

Para el grupo C se utilizó el cemento sellador MTA FILLAPEX (MTA Fillapex ®, Angelus Soluções Odontológicas, Londrina, PR, Brasil):

a). El cemento sellador se mezclará de acuerdo a las instrucciones del fabricante: se hace a través de la punta mezcladora de la jeringa. Utilizando el cemento en cuanto este se mezcle y se disperse por la punta de la jeringa.

b). Se colocará en los conductos el cemento sellador utilizando un lentulo de diametro 25 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) en una pieza de mano de baja velocidad a aproximadamente 2 mm de la longitud de trabajo.

VI. OBTURACION

En todos los grupos A, B, C los conductos deben de obturarse mediante la Técnica de condensación lateral en frio.

A). Se seleccionará el cono de gutapercha con un diámetro #45 conicidad 04. Verificando que ajuste en la porción apical (el cono ofrecerá resistencia discreta a la tracción), confirmándose con el dispositivo radiográfico.

B). Con una pinza clínica se tomará el cono principal, colocándole el cemento sellador en el extremo de la punta y introduciéndolo con lentitud en el conducto, para lograr una

distribución homogénea del sellador, para eliminar el aire aprisionado y minimizar la extrusión del sellador por el foramen apical, hasta que penetre en toda la extensión de la longitud de trabajo.

C). Se introducirá el espaciador en el conducto y hará presión al cono principal contra una de las paredes, realizando un movimiento firme en dirección apical, con pequeñas rotaciones de un cuarto de vuelta, hacia la derecha e izquierda.

- Los espaciadores digitales para el estudio serán (rojo, azul) a 1mm, menos de la longitud de trabajo.

D). Con la pinza clínica se tomará un cono accesorio M-F o F, se les aplicará cemento sellador, introduciéndolas de inmediato en el espacio dejado por el instrumento. Se repetirá el procedimiento hasta que el conducto radicular quede obturado compactando con la mejor calidad posible el material de obturación.

E). Una vez concluida la condensación lateral, se tomará una radiografía con la pieza montada en el dispositivo radiográfico para evaluar la calidad de obturación.

F). Posteriormente, se calentará a la llama de un mechero el glick nº1 con el cual se cortarían todos los conos de gutapercha a nivel de la entrada del conducto. Se compactará verticalmente el material y se eliminarán todos los excesos.

G). Como material restaurador provisional se utilizará PROVISIT. Y se verificará radiográficamente la obturación final del conducto.

Nota: a las muestras se les colocara cera pegajosa en el ápice y serán almacenadas a 100% de humedad, a una temperatura de 37 grados centígrados durante 14 días.

VII. PREPARACION DE LAS MUESTRAS

- A. Se utilizará una pieza de baja velocidad y abundante irrigación y se realizaran a las piezas cortes transversales dividiendola en 3 tercios (cervical, medio y apical).
- B. Se desmineralizaran con EDTA al 17% durante 10 minutos
- C. Para eliminar cualquier resto orgánico se les colocara NaOCL al 5% durante 10 minutos
- D. Se lavaran con agua destilada
- E. Se les aplicara aire (ligero).
- F. Pasaran por un proceso de deshidratación y se les colocara un baño de oro para poder ser observadas al MEB.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

La penetración de los cementos selladores en los túbulos dentinarios se considera un resultado deseable por muchas razones: mejora la interface entre el material de obturación y la dentina, mejorando así la capacidad del sellado y la retención del material por bloqueo

mecánico. Por lo tanto, la capacidad de cualquier cemento sellador en particular, para penetrar en los túbulos dentinarios será uno de los factores que influyen en la elección del material sellador. Durante varios años diversos estudios se han hecho para valorar la profundidad de penetración y han utilizado numerosos cementos selladores de entre los cuales para este estudio se tomará como referencia al cemento sellador AH Plus (Andreas B. *et. al.*, 2004; Moon Y *et. al.*, 2010), debido a que arrojaron excelentes resultados en cuanto a la penetración dentro de los túbulos dentinarios; Balguerie E. y cols. 2007 comentan que el cemento sellador Ah plus tuvo el mejor desempeño y comparado a los otros cementos fue el único que penetró en los túbulos a nivel del tercio apical, Kokkas B. y cols. 2004 mostró que el cemento sellador Ah plus mostro un excelente desempeño con una penetracion de hasta 59 micrometros; aunque Rupali C. en el 2012 comparó tres cementos selladores (Endorez, Epiphany y AH plus) dando como resultado que Endorez y Epiphany tienen mayor capacidad de penetración que AH plus, por lo que en teoría serían más capaces de formar fuertes lazos con la pared del conducto radicular, dando lugar a un resultado clínico exitoso. También será incluido el cemento sellador Sealapex, debido a los excelentes resultados que nos arrojaron los artículos en cuando a la profundidad de penetración (Ordinola-Zapata R. *et. al.*, 2009); aunque De Deus G. en el 2002 examinó la profundidad de penetración de los cementos selladores Sealapex, sellador de Grossman (Pulp Canal Sealer) y AH Plus aplicando una técnica de obturación específica y tuvo como resultado que el sellador Pulp Canal Sealer mostró la profundidad máxima de penetración en los túbulos dentinarios y que Sealapex, mostro las profundidades mínimas de penetration. Otro cemento sellador que se propone estudiar es el cemento Fillapex debido a que no se han realizado estudios acerca de su capacidad de penetración en los túbulos dentinarios.

Para observar la penetración del cemento sellador en túbulos dentinarios del conducto radicular se han utilizado diferentes técnicas de observación: Microscopio electrónico de barrido (MEB) (Andreas B. *et. al.*, 2004; Mamootil K, Messer HH. *et. al.*, 2007; Balguerie E. *et. al.*, 2007; entre otros), microscopía de luz (De Deus GA. *et. al.*, 2004; Weis MV. *et. al.*, 2004), y microscopía de escaneo láser confocal (CLSM) (Moon YM. *et. al.*, 2010; Patel DV. *et. al.*, 2007; Ordinola-Zapata R. *et. al.*, 2009; Young-Mi M. *et. al.*, 2010; (Tuncer K., Tuncer S. *et. al.*, 2012).

El MEB, es el más utilizado para evaluar la penetración de los cementos de sellador en los túbulos dentinarios (White *et. al.*, 1984, 1987, Oks. *et. al.*, 1993, Vassiliadis *et. al.*, 1994, Kouvas *et. al.*, 1998, Calt y Spencer *et. al.*, 1999, Kokkas *et. al.*, 2004). Esta técnica en particular ofrece una serie de ventajas: La imagen producida permite la observación muy detallada de los túbulos dentinarios y la aparición íntegra de la superficie del cemento sellador. Permite la observación del cemento sellador dentro de los túbulos en lugares distantes de la pared del canal, donde la densidad de los túbulos es menor (Fig.18). También permite la medición exacta de la profundidad de penetración (Mamootil K. & Messer H. 2007), se obtiene una imagen con efecto 3D, permite observar especímenes grandes, posee un diseño sencillo de la columna, nos permite realizar fotografías con amplios aumentos, desde 3x hasta 150.000x (Albaladejo A. 2007). La principal desventaja de esta técnica es la incapacidad para obtener una vista detallada en general a bajo aumento. Esto hace que el análisis sistemático más difícil. La otra desventaja de esta técnica es el potencial para producir artefactos en la preparación de las muestras para su análisis (Mamootil K. & Messer H. 2007).

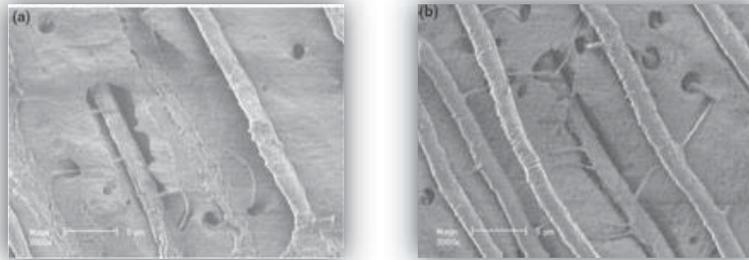


Fig.-18 (a) y (b) Se observa la penetración del sellador en las finas ramas laterales que conectan los túbulos.

La microscopía de luz también se ha utilizado para analizar la penetración de sellador (De Deus *et. al.*, 2004, Weis *et. al.*, 2004). La dificultad principal con esta técnica es la capacidad para distinguir el sellador de la dentina. De Deus y cols. 2004, utilizó la microscopía de luz óptica y lo analiza con un sistema de procesamiento de imagen para distinguir el sellador de la dentina. Weis y cols. 2004 incorporó una mancha histológica en un sellador de resina epoxi para contrastar el sellador de la dentina. Una limitación de esta técnica es la dificultad de incorporar el colorante en algunos tipos de selladores y el potencial que tiene el colorante de interferir con las propiedades físicas, características de manejo y tiempos de fraguado de los cementos de sellador. La ventaja de esta técnica es que permite un enfoque más sistemático (Mamootil K. & Messer H. 2007).

En otros estudios establecen que el CSLM ofrece varias ventajas sobre microscopía electrónica de barrido: no se requiere procesamiento especial de las muestras, las observaciones se realizan en condiciones casi normales, se pueden utilizar diferentes tinciones fluorescentes que se mezclan con los cementos. En comparación con el SEM, el procesamiento de las muestras es menos destructivo y tienen menos potencial para producir

lesiones, por lo que hacen una comparación entre ambos microscopios y afirman que el CLSM es una mejor elección (Tuncer AK. *et. al.*, 2012; Gharib SR. *et. al.*, 2007). Patel DV. *et. al.*, 2007 en su estudio habla que la microscopía confocal permite la visualización de los cementos selladores dentro de los túbulos dentinarios, sin recurrir a las técnicas de preparación que dejan lesiones en las muestras.

CONCLUSIÓN

Se propone una metodología en base a la revisión de diversos artículos para comparar a través del microscopio electrónico de barrido la penetración en túbulos dentinarios de tres cementos selladores (AH plus, Sealapex, Fillapex) a nivel del tercio cervical, medio y apical, debido a que el MEB nos ofrece una serie de ventajas: permite la observación muy detallada de los túbulos dentinarios y de la superficie del cemento sellador, dando imágenes fotográficas de hasta 150.000x. Por lo cual se podrá determinar cuál de los 3 cementos tiene mayor capacidad para penetrar los túbulos dentinarios.

También es importante mencionar que existe una técnica alternativa para observar el cemento sellador en los túbulos dentinarios (microscopía laser de escaneo confocal), la cual ofrece varias ventajas sobre el microscopio electrónico de barrido: el procesamiento de las muestras es menos destructivo, no se requiere procesamiento especial de las muestras, las observaciones se realizan en condiciones casi normales, se pueden utilizar diferentes tinciones fluorescentes que se mezclan con los cementos, por lo que el CSLM puede ser una buena opción para esta propuesta.

RECOMENDACIONES

En los artículos revisados el MEB ofrece una observación muy detallada de los túbulos dentinarios permitiéndonos realizar fotografías con amplios aumentos, desde 3x hasta 150.000x, sin embargo las muestras requieren de una preparación especial por lo cual se sugiere:

- ✚ Que se realice el estudio con la metodología propuesta.
- ✚ Proponer un estudio in vitro que valore a través del CLSM el comportamiento de los materiales q utilizamos dentro del conducto.
- ✚ Ampliar conocimientos del CLSM valorando sus ventajas

BIBLIOGRAFÍA

1. Albaladejo A. Método de preparación del espécimen para evaluar la micromorfología de la interfase adhesiva resina-dentina con un microscopio electrónico de barrido. Av. Odontoestomatol 2007; 23 (4): 197-206.
2. Albers Harry. Odontología Estética. Selección y colocación de materiales. 1ª Edición. Ed. Labor 1988.
3. American Association of Endodontists. Glossary. Contemporary Terminology for Endodontics. 6th ed. Chicago 1998, p 19-20.
4. Araki K; Suda H; Spangberg L. Indirect longitudinal cytotoxicity of root canal sealers L929 cells and human periodontal ligament fibroblasts. J. Endod. 1994. 20 (1): 67-70.

5. Balguerie E., Georgelin-GurgelM, F. Diemer & Calas P., Root canal sealers: scanning electron microscope study of tubular penetration. *European Cells and Materials* Vol. 13. Suppl. 1, 2007
6. Burnett F, Trope M. Adhesive endodontics: Combining Technologies for enhanced success. *Dental Town*, 2004; 5; 8: 34-8.
7. Camilleri J, Montesin FE, Brady K, Sweeney R, Curtis RV, Ford TR. The constitution of mineral trioxide aggregate. *Dent. Mater*; 2005. 21: 297-303.
8. Canalda Sahli C. Obturacion de los sistemas radiculares. En Canalda Sahli C, Brau Agudé, editores. *Endodoncia. Tecnicas Clinicas y bases científicas*. 2^a-ed. Barcelona: Masson; 2006. p. 209-37
9. Carrotte P. Endodontics part 1: The modern concept of root canal system. *British Dental Journal*, 2004: 197: 181-183.
10. Celick E, Aydinlink E. Effect of a dilacerated root on stress distribution to the tooth and supporting tisúes. *J Prosth Dent*.1991; 65(5): 771-7.
11. Chng HK, Islam I, Yap AU, Tong YW, Koh ET. Properties of a new root-end filling material. *J Endod*. 2005;31:665–6
12. Cohen S, Burns R. *Las vías de la pulpa*. 7ma ed. San Francisco (CA): Edit Harcourt; 1999
13. Coolidge ED. Anatomy of the root apex in relation to treatment problems. *Journal of the American Dental Association* 1929; 1456-1465
14. De Deus GA, Gurgel Filho ED, Ferreira CM, Coutinho Filho T. Penetração intratubular de cimentos endodônticos. *Braz Oral Res* 2002; 16: 332-6.

15. De Deus G, Gurgel-Filho ED, Maniglia-Ferreira C, Coutinho Filho T (2004) The influence of filling technique on depth of tubule penetration by root canal sealer: a study using light microscopy and digital image processing. *Australian Endodontic Journal* 30, 23–8.
16. Dummer PM, McGinn J, Rees D. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *International Endodontic Journal* 1984; 17,192-198.
17. Estrela C, Sydney GB, Bammann LL, Felipe Júnior O. Mechanism of action of calcium and hydroxyl ions of calcium hydroxide on tissue and bacteria. *Braz Dent J*. 1995 Jul-Dec;6(2):85-90.
18. Evans JT, Simon JHS (1986) Evaluation of the apical seal produced by injected thermoplasticized gutta-percha in the absence of smear layer and root canal sealer. *Journal of Endodontics* 12, 101–7.
19. Fidel R, Sousa-Neto MD, Spano J, et al. Adhesion of calcium hydroxide containing root canal sealers. *Braz Dent J* 1994;5:53–7.
20. George JW, Michanowitz AE, Michanowitz JP. A method of canal preparation to control apical extrusion of low temperature thermoplasticized gutta-percha. *Journal of Endodontics* 1987; 13:18.
21. Glossary: contemporary terminology for endodontics. 6th ed. Chicago: American Association of Endodontist;1998
22. Gomes-filho JE, Watanabe S, Gomes AC. Evaluation of the effects of endodontic materials on fibroblast viability and cytokine production. *J Endod*, v.35, n.11, p.1577-1579. 2009.
23. Gómez M. y Campos A. Histología y embriología bucodental. Buenos Aires. Médica panamericana, 1999:175-225.

24. Green D. Stereomicroscopic study of 700 root apices of maxillary and mandibular posterior teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology* 1960;13: 728-733.
25. Grossman L. *Terapéutica de los conductos radiculares*. 4ta. Edición. Buenos Aires. 1959.
26. Grossman LI. An improved root canal cement. *J Am Dent Assoc.* 1958 Mar;56(3):381-5.
27. Gutmann JL, Witherspoon DE. Obturation of the cleaned and shape root canal system. In: Cohens S, Burns RC eds. *Pathways of the Pulp*, 8th edn. St Louis, MO: Mosby, 2002 pp. 293–364.
28. Gutmann JL, Wiherspoon DE. Sistemas de obturación de los canales radiculares limpios y conformados. En: Cohen S, Burns RC, editores. *Vias de la pulpa 7^a-ed.* España: Harcourt Mosby; 1998. p. 258-361
29. Harrán PE, Vilar FJ. The cemento-dentino-canal junction, the apical foramen and the apical constriction: Evaluation by optical microscopy. *Journal of Endodontics* 2003; 29:214-19.
30. Hata G, Kawazoe S, Toda T, Weine FS. Sealing ability of thermafil with and without sealer. *Journal of Endodontics.* 1992;18: 322–6.
31. Heling I, Chandler NP. The antimicrobial effect within dentinal tubules of four root canal sealers. *Journal of Endodontics.* 1996;22: 257 9.
32. Hess W, Zurcher E. *The anatomy of the root canals of the teeth of the permanent dentition and the anatomy of the root canals of the deciduous dentition and the first permanent molars.* London: Basle, Sons and Danielson, 1925.

33. Holland R, Souza V, Murata SS, Nery MJ, Bernabé PFE, Otoboni Filho JA et al. Healing process of dog dental pulp after pulpotomy and pulp covering with mineral trioxide aggregate or Portland cement. *Braz Dent J.* 2001 Jul-Dec;12(2):109-13.
34. Huffman BP, Mai S, Pinna L, Weller RN, Primus CM, Gutmann JL et al. Dislocation resistance of ProRoot Sealer, a calcium root canal sealer, from radicular dentine. *Int Endod J.* 2009 Jan;41(1):34-46.
35. Ingle J Bakland, L. *Endodoncia 4a edición* Editorial Mc Graw Hill México 1996
36. Ingle J; Bakland L. *Endodoncia. 4ta. Edición.* Ed. MacGraw-Hill Interamericana. México. 2000.
37. Islam I, Chng HK, Yap AU (2006). Comparison of the physical and mechanical properties of MTA and portland cement. *J. Endod.* 32:193-197
38. Jiménez Planas A, *Compartamiento de los materiales en el medio biológico. Biocompatibilidad de los materiales.* En. *Arte y ciencia de los materiales odontológicos.* Cap. 3. Ed Avances, 2003.
39. Kerekes K, Tronstad L. Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. *Journal of Endodontics* 1979; 5:83-90.
40. Kogan P. et al. The effects of various additives on setting properties of MTA. *J. Endod* 2006; 32: 569-572.
41. Kokkas A.B., Boutsoukis A., Vassiliadis L.P., Stavrianos C.K., The Influence of the Smear Layer on Dentinal Tubule Penetration Depth by Three Different Root Canal Sealers: An In Vitro Study. *JOURNAL OF ENDODONTICS.* VOL. 30, NO. 2, 2004

42. Koulaouzidou EA, Papazisis KT, Beltes P, Geromichalos GD, Kortsaris AH. Cytotoxicity of three resin-based root canal sealers: an in vitro evaluation. *Endodo Dent Traumatol* 1998. 14:1982-5.
43. Kouvas V, Liolios E, Vassiliadis L, Parissis-Messimeris S, Boutsioukis A (1998) Influence of smear layer on depth of penetration of three endodontic sealers: an SEM study. *Endodontics and Dental Traumatology* 14, 191–5.
44. Krell KV, Madison S. Comparison of apical leakage in teeth obturated with calcium phosphate cement or Grossman's cement using lateral condensation. *Journal of Endodontics* 1985; 11:336-339.
45. Kuttler Y: Endodoncia práctica para estudiantes y profesionales de odontología. Mexico, Editora "A.L.P.H.A".1961; p. 303-330
46. Kuttler Y. Microscopic investigation of root apices. *Journal of the American Dental Association*1955; 50:544-52.
47. Langeland K. The histopatologic basis in endodontic treatment. *Dental Clinics of North America*. Philadelphia and London: WB Saunders Co., 1967;p. 491-520.
48. Lee CQ, Chang Y, Cobb CM, Robinson S, Hellmuth EM, Dimensional stability of thermosensitive gutta-percha. *J Endod*. 1997;23:579-82
49. Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod* 1993;19:541– 4.
50. Leonardo Leal. Endodoncia. Tratamientos de los Conductos Radiculares. Segunda Edición. Editorial Médica Panamericana, 1994. Buenos Aires, Argentina.

51. Leonardo M; Almeida W; Silva L; Utrilla L. Histological evaluation of the response of apical tissues to glass ionomer and zinc oxide -eugenol based sealers in dog teeth after root canal treatment. *Endod. Dent. Traumatol.* 1998. 14 : 257 -26
52. Marciano J, Michalesco P, Abadie MJ. Stereochemical structure characterization of dental gutta-percha. *J Endod.* 1997;23:579-82
53. Mamootil K, Messer HH. Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. *International Endodontic Journal*, 40, 873–881, 2007.
54. Moon Y., Shon W., Back S., Bae K., Kum K., Lee W., Effect of Final Irrigation Regimen on Sealer Penetration in Curved Root Canals. *JOE.* Volume 36, Number 4, April 2010.
55. Moradi S., Ghoddusi J., Forghani M., Evaluation of dentinal tubule penetration after the use of dentin bonding agent as a root canal sealer. *Journal of Endodontics.* Vol. 35: 11; Pages: 1563-1566, 2009.
56. Oksan T, Aktener BO, Sen BH, Tezel H. The penetration of root canal sealers into dentinal tubules. A scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal.* 1993;26: 301–5.
57. Ordinola-Zapata R., Monteiro C., Graeff M., Perochena A., Ricci Vivian R., Jonolio E., Brandao R., Bernardineli N., Gutmann J., Gómez 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 Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology.* Vol: 108, Issue 3 , Pages 450-457, September 2009.

58. Patel DV, Sherriff M, Ford TRP, Watson TF, Mannocci F. The penetration of RealSeal primer and Tubliseal into root canal dentinal tubules: a confocal microscopic study. *International Endodontic Journal*, 40, 67–71, 2007.
59. Philips, R.W. Skinner's science of Dental Material. 8th ed. W.B.Saunders: Philadelphia; 1981.
60. Pucci, Francisco & Reig, Roberto. Conductos radiculares. Vol 1. Ed. Médico-Quirúrgica. Buenos Aires. 1944
61. Pucci F, Reig R. Conductos radiculares. Montevideo. 1945; Tomo I, p.145 y ss.
62. Schroeder, A.G. AH26 ses propietés et son comportement *Rev. Frac d'Odonto-Stomat.*, v.6, p.1134, 8, 1959.
63. Schwarze T, Leyhaussen G, Geurtsen W. Long term cytocompatibility of various endodontic sealers using a new root canal model. *J. Endod* 2002;28(11):749-53.
64. Seltzer S, Bender I. Modification of operative procedures to avoid postoperative pulp inflammation. *Journal of American Dental Association* 1963 Abril;66:504-512.
65. 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.
66. Siragusa M; Prado N; Racciatti G. Los ionómeros vítreos como materiales de obturación endodónticos. Trabajo evaluado y acreditado dentro del Programa de Incentivo a los Docentes Investigadores – Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Cultura y Educación de la Nación – Decreto. 1995
67. Soares-Golberg. Endodoncia. Técnica y Fundamentos. Editorial Médica Panamericana, 2002. Buenos Aires, Argentina

68. Rupali Chadha, Sonali Taneja, Mohit Kumar, Sumit Gupta. An *in vitro* comparative evaluation of depth of tubular penetration of three resin-based root canal sealers. *Journal of Conservative Dentistry*. 2012; Volume 15, Issue 1 [p. 18-21]
69. Ten Cate. *Histología oral. Desarrollo, estructura y función*. 2da edición. Buenos Aires. Médica panamericana. 1986:191-251
70. Teixeira FB, Teixeira EC, Thompson JY, Trope M. Fracture resistance of roots endodontically treated with a new resin filling material. *JADA*, 2004; 135; 5: 646-52.
71. Tronstad L; Andreasen JO; Hasselgren O; Kristerson L; Rus I. Ph changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide. *J. Endod* 1981. 7 (1) : 17-21.
72. Trowbridge H. y Kim S. Desarrollo de la pulpa, estructura y función. En: Cohen S, Burns R, editores. *Vías de la pulpa*. 7ma edición. Madrid. Harcourt, 1999:362-400
73. Tunser A., Tuncer S., Effect of Different Final Irrigation Solutions on Dentinal Tubule Penetration Depth and Percentage of Root Canal Sealer. *JOE*. Volume 38, Number 6, June 2012.
74. Tvares T, Soares IJ, Silveira NL. Reactions of rat subcutaneous tissue to implant of gutta-percha for endodontic use. *Endod Traumatol*. 1994;10:174-8
75. Vassiliadis L.P., Sklavounos S.A., Stavrianos C.K. Depth of Penetration and Appearance of Grossman Sealer in the Dentinal Tubules: An In Vivo. *Journal of Endodontics*. VOL. 20, NO. 8, AUGUST 1994.
76. Weller RN, Tay KCY, Garrett LV, Mai S, Primus CM, Gutmann JL et al. Microscopic appearance and apical seal of root canals filled with gutta-percha and ProRoot Endo Sealer after immersion in a phosphate-containing fluid. *Int Endod J*. 2008 Nov;41(11):977-86.

77. Weine FC. *Terapeutica en endodoncia*. 2da Edicion. Salvat; 1991. P. 387-434
78. Weis MV, Parashos P, Messer HH. Effect of obturation technique on sealer cement thickness and dentinal tubule penetration. *International Endodontic Journal*, 37, 653–663, 2004.
79. White RR, Goldman M, Lin PS. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *Journal of Endodontics*. 1984;10: 558–62.
80. White RR, Goldman M, Lin PS. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by endodontic filling materials. Part II. *J Endodon* 1987;13:369-74.
81. WILSON A.; KENT B. A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement. *Br. Dent. J.* 1972. 132 (4): 133-135.
82. Wucherpfennig AL, Green DB et al. Mineral Trioxide vs. Portland Cement: Two biocompatible filling materials. *J. Endodo Tufts School of Dental Medicine*. 1999: 25: 308.