

Recibido: 14 de mayo del 2012 Aprobado: 12 de junio del 2012

LA OBTURACIÓN ENDODÓNTICA, UNA VISIÓN GENERAL

TRENDS IN ENDODONTIC FILLING, A REVIEW

Nancy Eraso-Martínez,¹ Iván Muñoz-Bolaños²

RESUMEN

La gutapercha es el material más usado para la obturación de los conductos radiculares, y la condensación lateral es la técnica más utilizada a través de los años debido a su fácil manejo y su bajo costo. Sin embargo, se han descrito nuevos sistemas que también usan la gutapercha con diferentes métodos para sellar el conducto radicular. La importancia de esta revisión radica en orientar a la comunidad científica para la escogencia del sistema y técnica de obturación que presente los mejores resultados en cuanto a valores de microfiltración, basados en la literatura. Además, se tendrán en cuenta algunos textos clásicos que sirven como base para el entendimiento de la terminología endodóntica y sus sistemas de obturación. El propósito de este artículo es realizar una revisión de la literatura acerca de los diferentes sistemas y técnicas de obturación endodóntica empleados en la actualidad y su desempeño en cuanto a valores de microfiltración se refiere, para crear de esta forma un panorama claro acerca de los avances y de las necesidades en el campo de la obturación endodóntica.

Palabras clave: microfiltración, obturación endodóntica, penetración bacteriana.

ABSTRACT

Gutta-percha is the most widely-used material for filling root canals and the lateral condensation technique is the most widely employed over the years due to its simplicity in handling and low cost. However, new systems have been described that also use gutta-percha but with different methods to seal the root canal. The importance of this review lies in guiding the scientific community in the selection of the system and/or filling technique producing the best results in terms of micro-leakage values, based on the literature. Certain classic texts that serve as a basis for understanding the endodontic terminology and its filling systems will also be taken into account. The purpose of this article is to review the literature on various current systems and techniques used in endodontic obturation and their performance in terms of micro-leakage values, thus creating a clear picture of progress and needs in the field of endodontic obturation.

Keywords: micro-leakage, endodontic obturation, bacterial penetration.

Cómo citar este artículo: Eraso-Martínez N, Muñoz-Bolaños I. La obturación endodóntica, una visión general. Revista Nacional de Odontología. 2012; 8(15): 87-94.

¹ Odontóloga y endodoncista del Colegio Odontológico Colombiano. Docente investigadora de la Facultad de Odontología de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Pasto. Correo electrónico: nancy.eraso@campusucc.edu.co

² Odontólogo de la Universidad Nacional de Colombia. Endodoncista de la Universidad Santo Tomás. Docente investigador de la Facultad de Odontología de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Pasto. Correo electrónico: ivan.muñoz@campusucc.edu.co

Introducción

Uno de los objetivos del tratamiento endodóntico es la obturación del conducto radicular para evitar la re-infección y la presencia de microorganismos dentro del conducto, y así permitir un ambiente biológicamente adecuado y lograr un selle apical y la cicatrización de los tejidos.^{1,2}

Actualmente se cuenta con muchas técnicas, dispositivos y materiales para lograr la obliteración del conducto radicular, con el fin de lograr el selle. En la antigüedad, para este fin, se utilizaron materiales como: amalgamas, parafina, puntas de plata, pastas a base de óxido de zinc y pastas yodoformadas. Cada uno proporcionó en su momento el selle del conducto, con algunas ventajas y desventajas. Hoy en día, el material de primera elección es la gutapercha, ya que ha demostrado propiedades y muchas ventajas dentro del conducto radicular.³

Gutapercha

La gutapercha es el material principal usado para la obturación de los conductos radiculares. Es un polímero orgánico natural (polisopropeno); se presenta de diferentes formas estereoquímicas que le confieren propiedades distintas, aunque su composición química sea la misma.¹ De las distintas formas existentes, en endodoncia se utilizan la beta y la alfa. Si a la gutapercha alfa se la somete a la temperatura de fusión (65° C) se transforma en una gutapercha amorfa que, al enfriar a temperatura ambiente y de modo espontáneo, adopta la forma cristalina beta. Por el contrario, si el enfriamiento se produce de forma lenta, se produce una recristalización en la forma alfa. Otros componentes que se incluyen para mejorar las propiedades físicas son las ceras, resinas y sulfatos metálicos, que le confieren radiopacidad, además de la adición del óxido de zinc, el cual es el principal componente de los preparados comerciales de gutapercha. Los preparados comerciales de gutapercha beta son más viscosos, densos y sin adherencia a la dentina, mientras que los de gutapercha alfa se plastifican con mayor facilidad, fluyen mejor por los conductos radiculares y con un cierto grado de adhesividad.¹

Técnicas de obturación

La gutapercha es el material de primera elección en muchas técnicas de obturación entre las cuales tenemos: técnica de condensación lateral con gutapercha fría y sus variaciones, técnica de cono único, técnica de condensación vertical propuesta por Schilder, técnica con vástagos plásticos o metálicos cubiertos por gutapercha, técnica termomecánica y las técnicas de inyección termoplastificada. Muchos estudios comparan las diferentes técnicas de obturación con gran variedad de cementos selladores y otros comparan técnicas y dispositivos para lograr el fin, que es la obturación tridimensional del conducto radicular y evitar microfiliación de microorganismos, reinfecciones y cicatrización de tejidos periapicales.¹

Los microorganismos y sus productos metabólicos tóxicos son responsables del origen de las patologías pulpares y periapicales. El objetivo del tratamiento endodóntico es la eliminación eficaz de las bacterias e impedir una recontaminación del sistema de conductos radiculares, lo cual se consigue con la limpieza biomecánica, con el efecto antibacteriano de los irrigantes del material de obturación y del cemento sellador.⁴

Las bacterias residuales que no se eliminan con la instrumentación mecánica, ni con la solución irrigadora, ni con la medicación intraconducto se multiplican y pueden conducir al fracaso de la terapia endodóntica. Una vez finalizada la preparación del conducto radicular y finalizado el tiempo para que la medicación intraconducto, si era necesaria, haya alcanzado su objetivo, se puede proceder a obturarlos, teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

- El diente no debe presentar dolor severo; la presencia de dolor indica inflamación de los tejidos periapicales y la obturación puede exacerbar el cuadro agudo. El conducto debe estar limpio y conformado de manera correcta. Los límites anatómicos del espacio pulpar son la unión cementodentinaria en la parte apical y la cámara pulpar en la porción coronal. En promedio, la unión de la dentina con el cemento se encuentra a 0,5 a 0,7 mm de la superficie externa del agujero

apical, y es el principal factor limitante del material de obturación.

- El conducto debe estar seco; la presencia de exudado contraindica la obturación. En esta situación se debe reevaluar la preparación y realizar terapia de hidróxido de calcio. Existen más medicamentos intraconducto. El conducto conformado no debe quedar expuesto a la cavidad oral; por desintegración de la restauración temporal idealmente debe tener espesor de 3 mm, esto significaría una nueva contaminación.⁵

El 60% de los fracasos en el tratamiento endodóntico están relacionados con deficiencias en la obturación que conllevan a la microfiltración o al movimiento de líquidos a un espacio pequeño, casi siempre por acción capilar.⁶ Esta acción se crea por un colapso de la presión entre la interfase liquidoaire, proceso que se puede extrapolar a la terapia endodóntica, en la que la fuerza capilar ocurre en un solo punto anatómico conocido como foramen apical. Sin embargo, existen otras zonas comunicantes como conductos laterales y deltas apicales.⁷ De esta forma, los líquidos tisulares o proteínas plasmáticas se filtran y después se degradan a químicos irritantes que pueden difundirse hacia los tejidos periapicales. Otra posibilidad de fracaso es que los líquidos del tejido periradicular proporcionen un medio de crecimiento para las bacterias remanentes en el espacio del conducto radicular, haciendo que proliferen y regresen a los tejidos periapicales en donde causarán inflamación o persistirán.⁸

La microfiltración se define como la capacidad que tienen las bacterias y fluidos orales de penetrar libremente por la interfase entre el material obturador y la pared del conducto; la segunda vía es el flujo de fluidos y sustancias a lo largo de los túbulos abiertos del extremo apical. La suma de la microfiltración por estas dos vías se denomina microfiltración apical.⁹

Numerosas técnicas han sido empleadas para evaluar *in vitro* el paso de bacterias, sustancias químicas y fluidos entre la superficie radicular y el material de obturación, entre las cuales se encuentra penetración por tinción, penetración bacteriana, radioisótopos,

método electroquímico y filtración de fluidos, centrifugación¹⁰ radioisótopos¹¹ y nitrato de plata.¹²

Varios estudios se han encaminado en buscar el mejor método para cuantificar y cualificar la microfiltración apical, al tener en cuenta variables como las técnicas de obturación y los cementos selladores, una técnica cuantitativa que se asemeja a la situación clínica de penetración de bacterias, lo cual genera resultados más confiables en cuanto a la microfiltración apical. Algunas de ellas (penetración de tinta, radioisótopos) han demostrado ciertas desventajas por su complejidad, mientras que el método de penetración bacteriana es una técnica cuantitativa, que se asemeja a la situación clínica de penetración de bacterias, lo cual genera resultados más confiables en cuanto a la microfiltración apical.¹³

La técnica de penetración de tintes ha sido el método más utilizado debido a su sensibilidad, facilidad de uso y conveniencia, aunque su validez ha sido frecuentemente cuestionada^{14, 15} por el posible efecto del atrapamiento de burbujas de aire dentro del conducto que pudieran impedir el ingreso de las soluciones colorantes.¹⁶

En los estudios de microfiltración por tintes se han usado hematoxilina, azul de metileno y tinta china. La evaluación se realiza a través del seccionamiento de las muestras, la cual no permite un análisis tridimensional, ya que con el seccionamiento se altera la anatomía original o por transparentación. Al utilizar los colorantes, se deben tener en cuenta algunos aspectos como el tamaño molecular, el pH, la reactividad química, la tensión superficial y la afinidad con los tejidos dentarios. El tamaño molecular no debe ser muy pequeño, ya que los resultados de penetración serán mayores de lo que realmente penetran las bacterias. El pH no debe ser ácido porque puede producir un efecto desmineralizante que ayuda a la penetración del tinte. La tensión superficial es un punto controversial, puesto que de ser muy baja; la penetración sería mayor, y de ser muy alta tardaría varios días.¹⁷

El azul de metileno tiene pH de 4,7; su tamaño molecular es pequeño; su molécula es muy volátil, se evapora a las 72 horas. La tinta china es un colorante estable, de pH neutro, de molécula grande y de tensión superficial alta.^{18, 19}

Sin embargo, Masters y colaboradores²⁰ postularon que la naturaleza porosa de la dentina deja espacios suficientes para que el aire pueda ser desplazado por el tinte, ya que en su estudio en conductos obturados solamente con gutapercha, y al igual que Dickson y colaboradores,²¹ no encontraron diferencias significativas en la penetración de tinte mediante la técnica de difusión pasiva y activa (al vacío).

Para la penetración de colorantes, se han utilizado azul de metileno y tinta china, principalmente. En cuanto al azul de metileno, Chong y colaboradores²² demostraron que la tinta china es comparable a las bacterias en cuanto a tamaño y penetración se refiere.

Goldman y colaboradores²³ reportaron que los modelos de filtración bacteriana superan a los modelos de penetración de colorantes debido a que utilizan endotoxinas bacterianas con un peso, por lo general, mayor al del azul de metileno. Sin embargo, Chong y colaboradores²² reportan que tanto la filtración bacteriana como la penetración de tinta china proveen resultados muy similares en los materiales probados. No existe un método universalmente aceptado para evaluar la filtración apical, incluyendo el de la penetración de colorantes por difusión pasiva.²⁴

A través del tiempo se han realizado estudios de microfiltración comparando diferentes técnicas de obturación con el objetivo de conocer la habilidad de selle de las técnicas y el tiempo en el cual se pueda producir la microfiltración. La técnica de condensación lateral ha sido ampliamente estudiada y es tomada como parámetro de referencia para la evaluación de otras técnicas de obturación. Sin embargo, existe controversia sobre qué técnica de obturación presenta menor microfiltración, teniendo en cuenta aspectos como: tiempo de evaluación, método para medir la microfiltración y el uso de un cemento sellador.¹³

LaCombe y colaboradores¹³ en 1988 compararon la calidad del selle apical producido por dos técnicas, gutapercha termoplastificada y condensación lateral utilizando cemento de Grossman®, midiendo la filtración con tinción de azul de metileno. La condensación lateral produjo menor microfiltración que los sistemas Obtura II® y Ultrafil®, resultados que concuerdan con el estudio de AlDewani.²⁵

El uso de tintes para evaluar la filtración apical *in vitro* se utiliza con frecuencia, ya que indica el espacio que queda entre la obturación y la pared del conducto.²⁶

Esta característica del tinte permite la microfiltración en los espacios vacíos; sin embargo, hay detractores para esta técnica como Camps y colaboradores²⁷ quienes afirman que la técnica de tinción no es muy confiable al ser comparada con otros métodos como la filtración de fluidos, en la cual se evalúa la capacidad de un material para resistir la microfiltración cuando se somete a cambios de presión.²⁸

La técnica de tinción utiliza azul de metileno, que es una sustancia ácida que tiene la capacidad de producir desmineralización de la dentina, lo que conlleva a una penetración a lo largo del conducto radicular.²⁹

La penetración bacteriana es una técnica cualitativa que se asemeja a la situación clínica por la utilización de bacterias que hacen parte de la flora oral; la desventaja de esta técnica es el uso de una sola especie bacteriana cuando en cavidad oral se encuentran más de 300 especies que pueden colonizar los conductos radiculares vía coronal o apical. Torabinejad en 1990 determinó el tiempo que necesitan las bacterias para poder penetrar coronalmente una longitud estándar en canales obturados con técnica de condensación lateral. Observó que a los 19 días el 50% de los canales presentaron contaminación con *Staphylococcus epidermidis*. Por otra parte, se necesitaron 42 días para que se contaminara el 50% de los dientes con *Proteus vulgaris*.³⁰

Matloff y colaboradores han cuestionado la validez de los resultados obtenidos en los estudios con radioisótopos debido a que los trazos son mucho más pequeños que las bacterias, por ende puede presentarse mayor filtración en la realización de un estudio.³¹

Por otro lado, los estudios de filtración con tintes son de fácil ejecución y han sido utilizados desde 1957, pero, al igual que los radioisótopos, presentan desventajas porque el tamaño de las partículas son más pequeñas (generalmente se critican por el pH y porque deben realizarse al vacío) que el tamaño de las bacterias. Los estudios *in vitro* de esta técnica son estáticos y no reflejan la interacción dinámica entre los conductos radiculares y los tejidos periapicales.³²

Estudios propuestos por LaCombe y colaboradores³³ compararon la calidad del selle apical producido por dos técnicas de gutapercha termoplastificada vs. condensación lateral, con el método de filtración tinción con azul de metileno. Observaron que la condensación lateral produjo menor microfiltración que la técnica Obtura II® y Ultrafil®.

Czonstkowsky y colaboradores³⁴ compararon la técnica de condensación lateral y gutapercha termoplástica; encontraron que la filtración se llevó a cabo más rápido en la condensación lateral al utilizar el método de radioisótopos.

Hata y colaboradores³⁵ estudiaron la condensación lateral con Obtura II®, en un lapso de cinco días con un método con resorcinol formaldehído que se asemejaba a una resina inyectada a través del ápice de los dientes. Se evaluaba la filtración con el llenado de los espacios que quedaban de la obturación; la filtración se evidenció más en la técnica de condensación lateral.

Jacobson y colaboradores³⁶ evaluaron la microfiltración al usar en un grupo condensación lateral y el otro obturación apical con System B®, y tercio medio y coronal con Obtura II®. En este estudio se utilizó el método propuesto por Torabinejad con penetración bacteriana, pero se utilizó *K. pneumoniae* durante un periodo de doce semanas; los resultados mostraron menor microfiltración con la técnica de System B® y el Sistema Obtura II®. Estos estudios reiteran la vigencia de la técnica de condensación lateral, que por muchos años ha sido empleada en la mayoría de casos clínicos en todas las latitudes del mundo y que además sigue sirviendo como parámetro de comparación y evaluación de los nuevos sistemas y técnicas de obturación endodóntica.³⁷

Un sistema que ha tenido gran acogida es el System B®, introducido por Buchanan en 1996.³⁸ Es una variación de la técnica de condensación vertical descrita por Schilder en 1967.³⁹ El sistema se basa en la transmisión continua de calor que reblandece la gutapercha; permite que fluya a lo largo del conducto radicular y sus variaciones anatómicas. Diversos estudios avalan el buen comportamiento del System B® y demuestran que una buena adaptación es similar cuando se habla de adhesión a las paredes del conducto.⁴⁰

Shipper y colaboradores compararon la filtración microbiana usando técnicas de obturación nuevas y estándares en un lapso de un mes, tomando como referencia el modelo descrito por Torabinejad. En este caso utilizaron el *Streptococcus mutans*. Se utilizó como cemento sellador AH-26® y C.R.C.S®; en los resultados, indiscutiblemente la implementación de un cemento sellador reduce el índice de filtración.⁴¹

Dentro de los materiales utilizados en la obturación de conductos existen otras nuevas opciones como lo son el actiV GP®, Guttaflow® y Endorez®, entre otros. Estos sistemas utilizan un único cono que es llevado adentro del conducto junto con el cemento sellador propuesto por cada casa fabricante. El actiV GP® fue evaluado y comparado con el Resilon® y con la gutapercha en un estudio realizado por Fransen y Jianing en el 2008, encontrando resultados similares en los tres grupos experimentales, sin evidenciar diferencias estadísticamente significativas, comprobando la buena adaptación y adecuado comportamiento de este material.⁴²

Monticelli y colaboradores demostraron diferencias entre los sistemas de obturación en frío con cono único y los sistemas de obturación con gutapercha termoplástica tales como el System B® y Obtura II® al evaluar la microfiltración por el método de penetración bacteriana. Los especímenes obturados con System B® y Obtura II® tuvieron un mejor comportamiento a lo largo de los 100 días del experimento. Algunos de los especímenes obturados con Gutta Flow® mostraron al microscopio vacíos o gaps entre las paredes dentinales y el cemento sellador, permitiendo una rápida penetración bacteriana. Igualmente ocurrió con el ActiV GP®, observándose microfiltración desde los siete días del experimento.⁴³

Según Clark-Holke y colaboradores esta rápida penetración bacteriana puede ser atribuida a las irregularidades de los conductos y sus diversas formas, las cuales no pueden ser obturadas en forma óptima por el cono único de dichos sistemas.⁴⁴ Podemos entonces afirmar que una de las grandes desventajas de los sistemas de obturación con cono único es la adaptación deficiente del cono a nivel de tercio medio y coronal en conductos irregulares, lo que incrementa la cantidad del cemento sellador y genera como consecuencia mayor microfiltración.⁴⁵

Otros autores mencionan que la microfiltración se presentó por la falta de sellado de los cementos selladores, que puede deberse a varios factores como su composición química y sus propiedades físicas como adhesión, estabilidad dimensional, solubilidad y fluidez.^{46, 47}

Otros factores a considerarse son las propias técnicas de obturación, la posible presencia de barrillo dentinario, la existencia de conductos accesorios, la manipulación de los materiales y la compleja anatomía.⁴⁸

Los estudios de microfiltración de los materiales endodónticos son importantes y relevantes. Varios métodos han sido utilizados para evaluar el sellado de los materiales para la obturación del conducto radicular. Se puede decir que el método de filtración con tinta china es apropiado, ya que proporciona una medición cuantitativa de microfiltración de las muestras experimentales, teniendo en cuenta que el tamaño molecular de esta tinta es menor que el de las bacterias; por lo tanto, si se encuentra microfiltración con tinta, posiblemente filtra menos con bacterias.⁴⁹

Además, la tinta china puede penetrar en espacios tan pequeños como filtros para bacterias de 0,22 um, debido a su peso molecular. Esta característica del colorante nos asegura que al existir espacios vacíos se producirá la microfiltración, lo que hará válido el procedimiento desarrollado.⁵⁰

Conclusiones

El éxito de la terapia endodóntica convencional depende de una limpieza apropiada y de la conformación del conducto para eliminar el tejido orgánico e inorgánico y los microorganismos presentes, para realizar posteriormente el selle tridimensional del sistema del canal radicular, de tal manera que se evite la supervivencia de las bacterias.

Todos los espacios del conducto preparado deben llenarse correctamente, evitando la contaminación. La obturación del conducto radicular se destaca como una de las etapas responsables para el control microbiano, lo que subraya su importante participación como factor decisivo en el proceso de reparación tisular. Este selle endodóntico, además de ser capaz de controlar los microorganismos, también debe tener

actividad antimicrobiana dada por la composición del material de relleno y el cemento sellador.

El papel de la obturación es impedir la colonización y la invasión de microorganismos en los tejidos periapicales y controlar su potencial de virulencia.

La tridimensionalidad del selle apical depende de la técnica de obturación y del cemento utilizado, ya que son los dos factores que en conjunto minimizan el paso de bacterias hacia el periápice.

La gutapercha es el material más utilizado y más estudiado a lo largo de la historia de la obturación de conductos, y sigue vigente debido a sus múltiples propiedades y su bajo costo, pese a su gran desventaja de no poseer propiedades adhesivas. Con el ánimo de encontrar el material ideal para la obturación completa y tridimensional del sistema de conductos, surgen en el mercado materiales diferentes a la gutapercha como el Resilon[®], que ha demostrado buen comportamiento, logra valores más bajos de microfiltración cuando es comparado con otros sistemas a base de gutapercha, convirtiéndolo en una buena opción en la escogencia del material adecuado.

A lo largo de los años han surgido numerosas técnicas y sistemas de obturación, entre las que se destacan, por su buen comportamiento, la condensación lateral, técnicas de gutapercha inyectable en frío (GuttaFlow[®], Endorez[®]), técnica con vástagos plásticos recubiertos de gutapercha (Thermafill[®]), técnica termomecánica y las de inyección de gutapercha termoplastificada (Ultrafil[®], System B[®], Obtura II[®]). Todos estos sistemas se han estudiado ampliamente, se han comparado entre sí y generan controversia acerca de su efectividad. Sin embargo, la escogencia de estos dependerá de cada caso clínico, así como de la habilidad y destreza desarrollada por el operador para manejar determinado sistema o técnica.

Referencias

1. Cohen S, Burns R. Vías de la pulpa. 7a ed. Madrid: Harcourt; 1999. p. 258-361.
2. Soares J, Goldberg F. Obturación del conducto radicular. En: Endodoncia. Técnicas y fundamentos. Buenos Aires: Panamericana; 2002. p. 141-51.
3. Goldberg F, Massone EJ, Esmoris M, Alfie D. Comparison of different techniques for obturating experimental

- internal resorptive cavities. *Endod Dent Traumatol.* Jun 2000; 16(3): 116-21.
4. Wolcott J, Himel V, Powell W, Penney J. Effect of two obturation techniques on the filling of lateral canals and the main canal. *J Endod.* Oct 1997; 23(10): 632-5.
 5. Catro P, Love RM. Comparison of microseal and system B/Obtura II obturation techniques. *Int Endod J.* Dic 2003; 36(12): 876-82.
 6. Ingle JL. *Endodoncia.* 3a ed. México: Interamericana; 1992 p. 230-1.
 7. F Schnell. Effect of immediate dowel space preparation on the apical seal of endodontically filled teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* Mar 1978; 45(3): 470-4.
 8. Siqueira JF Jr. Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail. *Int Endod J.* Ene 2001; 34(1): 1-10.
 9. Adamo HL, Buruiana R, Schertzer L, Boylan RJ. A comparison of MTA, Super-EBA, composite and amalgam as root-end filling materials using a bacterial microleakage model. *Int Endod J.* May 1999; 32(3): 197-203.
 10. Limkangwalmongkol S, Abbot PV, Sandler AB. Apical Dye penetration with four root canal sealers and gutta-percha using longitudinal sectioning. *J Endod.* Nov 1992; 18(11): 535-9.
 11. Szeremeta-Browar TL, VanCura JE, Zaki AE. A comparison of the sealing properties of different retrograde techniques: an autoradiographic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* Ene 1985; 59(1): 82-7.
 12. Ahlberg KMF, Tay WM. A methacrylate-based cement used as a root canal sealer. *Int Endod J.* Ene 1998; 31(1): 15-21.
 13. LaCombe, Jan Stabley, Lamar M, Pelleu G. A comparison of the apical seal produced by two Thermoplasticized injectable gutta-percha techniques. *J Endod.* Sep 1988; 14(9): 445-50.
 14. Derkson GD, Pashley DH, Derkson ME. Microleakage measurement of selected restorative material: a new in vitro method. *J Prosthet Dent.* 1986; 56(4): 435-40.
 15. Wu MK, Fan B, Wesselink PR. Leakage along apical root fillings in curved root Canals. Part I: effects of apical transportation on seal of root fillings. *J Endod.* Abr 2000; 26(4): 210-16.
 16. Spangberg LS, Acierno TG, Cha BY. Influence of entrapped air on the accuracy of leakage studies using dye penetration methods. *J Endod.* Nov 1989; 15(11): 548-51.
 17. Howard M, Fogel, Marshall D. Microleakage of root-end filling materials. *J Endod.* Jul 2001; 27(7): 456-8.
 18. Hession RW. Long-term evaluation of endodontic treatment: anatomy, instrumentation, obturation-the endodontic practice triad. *Int Endod J.* Sep 1981; 14(3): 179-84.
 19. Adamo HL, Buruiana R, Schertzer L, Boylan RJ. A comparison of MTA, super EBA, composite and amalgam as root-end filling materials using a bacterial microleakage model. *Int Endod J.* May 1999; 32(3): 197-203.
 20. Masters J, Higa R, Torabinejad M. Effects of vacuuming on dye penetration patterns in root canals and glass tubes. *J Endod.* Jun 1995; 21(6):332-4.
 21. Dickson SS, Peters DD. Leakage evaluation with and without vacuum of two gutta-percha fill techniques. *J Endod.* Ago 1993; 19(8): 398-403.
 22. Chong BS, Pitt Ford TR, Watson TF, Wilson RF. Sealing ability of potential retrograde root fillings. *Endod Dent Traum.* Dic 1995; 11(6): 264-9.
 23. Goldman M, Simmonds S, Rush R. The usefulness of dye penetration studies re-examined. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* Mar 1989; 67(3): 327-32.
 24. Karadag S, Bala O, Türköz E, Mihçioğlu T. The effects of water and acetone-based dentin adhesives on apical Microleakage. *J Contemp Dent Pract.* May 2004; 5(2): 93-101.
 25. Al-Dewani N, Hayes SJ, Drummer PM. Comparison of laterally condensed and low-temperature Thermoplasticized gutta-percha root fillings. *J Endod.* Dic 2000; 26(12): 733-8.
 26. Wimonchit S, Timpawat S, Vongsavan N. A comparison of techniques for assessment of coronal dye leakage. *J Endod.* Ene 2002; 28(1): 1-4.
 27. Camps J, Pashley D. Reliability of the dye penetration studies. *J Endod.* Sep 2003; 29(9): 592-4.
 28. Bates CF, Carnes DL, del Rio CE. Longitudinal sealing ability of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod.* 1996; 22(11): 575-8.
 29. Ahlberg KM, Assavanop P, Tay WM. A comparison of the apical dye penetration patterns shown by methylene blue and India ink in root-filled tooth. *Int Endod J.* Ene 1995; 28(1): 30-4.
 30. Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *J Endod.* Dic 1990; 16(12): 566-9.
 31. Matloff I, Jensen J, Singer L, Tabibi A. A comparison of methods used in root canal sealability studies. *Oral Sur Oral Med Oral Pathol.* Feb 1982; 53(2): 203-8.

32. Kersten HW, Moore WR. Particles and molecules in endodontic leakage. *Int Endod J*. May 1989; 22(3): 118-24.
33. LaCombe JS, Campbell AD, Hicks ML, Pelleu GB. A comparison of the apical seal produced by two Thermoplasticized injectable gutta-percha techniques. *J Endod*. Sep 1988; 14(9): 445-50.
34. Czonstkowsky M, Michanowicz A, Vazquez JA. Evaluation of an injection of thermoplasticized low temperature using radioactive isotopes. *J Endod*. Feb 1985; 11(2): 71-4.
35. Hata G, Kawazoe S, Toda T, Weine FS. Sealing ability of thermoplasticized gutta-percha fill techniques as assessed by a new method of determining apical leakage. *J Endod*. Abr 1995; 21(4): 167-72.
36. Jacobson HL, Xia T, Baumgartner JC, Marshall JG, Beeler WJ. Microbial leakage evaluation of the continuous wave of condensation. *J Endod*. Abr 2002; 28(4): 269-71.
37. Soares J, Goldberg F. *Endodoncia. Técnicas y fundamentos*. Buenos Aires: Panamericana; 2002. p. 230-2.
38. Venturi M, Pasquantonio G, Falconi M, Breschi L. Temperature change within gutta-percha induced by System-B Heat Source. *Int End J*. Sep 2002; 35(9): 740-6.
39. Schilder H. Filling in root canals in three dimensions. *Dent Clin North Am*. Nov 1967; 11: 723-44.
40. Canalda C, Brau E. *Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas*. Barcelona: Masson; 2001. p. 380-422.
41. Shipper G, Ørstavik D, Teixeira FB, Trope M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). *J Endod*. May 2004; 30(5): 342-47.
42. Fransen JN, He J, Glickman GN, Rios A, Shulman JD, Honeyman A. Comparative assessment of ActiV GP/glass ionomer sealer, Resilon/Epiphany, and gutta-percha/AH plus obturation: a bacterial leakage study. *J Endod*. Jun 2008; 34(6): 725-7.
43. Monticelli F, Sadek FT, Schuster GS, Volkmann KR, Looney SW, Ferrari M et al. Efficacy of two contemporary single-cone filling techniques in preventing bacterial leakage. *J Endod*. Mar 2007; 33(3): 310-3.
44. Clark-Holke D, Drake D, Walton R, Rivera E, Guthmiller JM. Bacterial penetration through canals of endodontically treated teeth in the presence or absence of smear layer. *J Dent*. May 2003; 31(4): 275-81.
45. Farea M, Masudi S, Wan Bakar WS. Apical microleakage evaluation of system B compared with cold lateral technique: in vitro study. *Aust Endod J*. Ago 2010; 36(2): 48-53.
46. Zmener O, Spielberg C, Lamberghini F, Rucci M. Sealing properties of a new epoxy resin-based root-canal sealer. *Int Endod J*. Sep 1997; 30(5): 332-4.
47. Oksan T, Aktener BO, Sen BH, Tezel H. The penetration of root canal sealers into dentinal tubules. A scanning electron microscopic study. *Int Endod J*. Sep 1993; 26(5): 301-5.
48. Taranu R, Weregger U, Roggendorf MJ, Ebert J, Petschelt A, Frankenberger R. Leakage analysis of three modern root filling materials after 90 days of storage. *Int Endod J*. 2005; 38: 928.
49. Bates CF, Carnes DL, del Rio CE. Longitudinal sealing ability of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod*. Nov 1996; 22(11): 575-8.
50. Ponce A, Izquierdo JC, Sandoval F, de los Reyes JC. Filtración apical entre la técnica de compactación lateral en frío y técnica de obturación con System B®. *Revista Odontológica Mexicana*. 2005; 9(2): 65-72.