



ugr

Universidad
de Granada



DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
UNIVERSIDAD DE GRANADA

CAPACIDAD DE
SELLADO DE UN
NUEVO MATERIAL
PARA LA OBTURACIÓN
DE CONDUCTOS
RADICULARES

TESIS DOCTORAL

ALINE SAVARIZ MARTINS

Granada, 2010

Editor: Editorial de la Universidad de Granada
Autor: Aline Savariz Martins
D.L.: GR 2936-2010
ISBN: 978-84-693-2546-9



ugr | **Universidad
de Granada**



De acuerdo con lo previsto en el Real Decreto 56/2005, de 21 de enero,

D.^a CARMEN MARÍA FERRER LUQUE, Profesora Titular de la Universidad de Granada del Departamento de ESTOMATOLOGÍA informa:

Que los trabajos efectuados en la elaboración de la Tesis Doctoral titulada: “CAPACIDAD DE SELLADO DE UN NUEVO MATERIAL PARA LA OBTURACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES”, presentada por D. ^a ALINE SAVARIZ MARTINS, han sido realizados bajo mi supervisión y dirección, y reúnen las condiciones académicas necesarias para optar al Grado de Doctor, si así lo considera el Tribunal designado por la Universidad de Granada.

En Granada, a diez de marzo de dos mil diez.

Fdo.: Profa. Carmen María Ferrer Luque
Profesora TITULAR

UNIDAD DOCENTE DE PATOLOGÍA Y TERAPÉUTICA DENTAL
DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA
UNIVERSIDAD DE GRANADA

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

De una forma especial a Dra. Carmen M^a Ferrer Luque, directora de este trabajo, por su incalculable ayuda, disponibilidad, generosidad y paciencia.

A Dra. Paloma González Rodríguez por su disponibilidad, conocimientos científicos y colaboración técnica.

A los Drs. Alberto Rodríguez Archilla y Alejandro Ceballos por la orientación y disponibilidad en el inicio de mi trayectoria doctoral.

Al personal técnico, Yudi Gómez Villaescusa, Francisco Leyva García y Pedro Valentín Gómez cuya ayuda ha sido fundamental para la realización de este trabajo.

Al personal de la biblioteca de la Facultad de Odontología por la profesionalidad y amabilidad.

A Ane, Yulnara y Carmen por el cariño, amistad y ayuda.

A la Universidad de Granada por brindarme la oportunidad de realizar esta Tesis Doctoral.

Dedico este trabajo de investigación a mis padres Arno y Elí, a mi marido Jesús y a mi hija Lara. Os quiero.



Capítulo ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS | 1 |
| 2. INTRODUCCIÓN | 3 |
| 2.1. OBTURACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES | 3 |
| 2.1.1. MATERIALES DE NÚCLEO | 4 |
| 2.1.2. CEMENTOS SELLADORES | 5 |
| 2.1.2.1. Selladores basados en resina | 6 |
| 2.1.2.2. Selladores basados en silicona..... | 8 |
| 2.1.2.3. GuttaFlow® | 8 |
| 2.2. TÉCNICAS DE OBTURACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES | 9 |
| 2.2.1. TÉCNICA DE CONDENSACIÓN LATERAL DE LA GUTAPERCHA..... | 10 |
| 2.2.2. TÉCNICA DE CONO ÚNICO | 10 |
| 2.2.3. SELLADOR COMO RELLENO ÚNICO | 11 |
| 2.3. FILTRACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES | 11 |
| 2.3.1. FILTRACIÓN APICAL | 13 |
| 2.3.2. FILTRACIÓN CORONAL..... | 14 |
| 2.3.3. FILTRACIÓN APICAL Y CORONAL..... | 15 |
| 2.4. CALIDAD RADIOGRÁFICA DE LA OBTURACIÓN..... | 15 |
| 2.5. EXTRUSIÓN DEL MATERIAL DE OBTURACIÓN..... | 16 |

| | |
|---|----|
| 3. MATERIAL Y MÉTODOS | 19 |
| 3.1. MATERIAL | 19 |
| 3.2. MÉTODOS | 20 |
| 3.2.1. SELECCIÓN DE LA MUESTRA..... | 20 |
| 3.2.2. PREPARACIÓN DE LOS CONDUCTOS RADICULARES | 20 |
| 3.2.3. OBTURACIÓN DE LOS CONDUCTOS RADICULARES | 22 |
| 3.2.3.1. Técnica de condensación lateral de gutapercha con AH Plus™ | 24 |
| 3.2.3.2. Técnica de condensación lateral de gutapercha con GuttaFlow® | 24 |
| 3.2.3.3. Técnica de cono único con AH Plus™ | 24 |
| 3.2.3.4. Técnica de cono único con GuttaFlow® | 25 |
| 3.2.3.5. GuttaFlow® como relleno único..... | 25 |
| 3.2.3.6. Grupos controles | 26 |
| 3.2.4. CONTROL RADIOGRÁFICO DE LA OBTURACIÓN..... | 26 |
| 3.2.5. EXTRUSIÓN DEL MATERIAL DE OBTURACIÓN | 27 |
| 3.2.6. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS Y EVALUACIÓN DE LA MICROFILTRACIÓN | 27 |
| 3.2.7. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD RADIOGRÁFICA DE LA OBTURACIÓN | 30 |
| 3.2.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO..... | 30 |
| 4. RESULTADOS | 31 |
| 4.1. FILTRACIÓN CORONAL | 31 |
| 4.1.1. INFLUENCIA DE LAS VARIABLES..... | 31 |
| 4.1.2. RESULTADOS DE FILTRACIÓN CORONAL..... | 32 |
| 4.1.3. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS ENTRE CEMENTO SELLADOR/TÉCNICA DE OBTURACIÓN | 32 |
| 4.1.4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS ENTRE TIEMPOS | 33 |
| 4.2. FILTRACIÓN APICAL | 33 |
| 4.2.1. INFLUENCIA DE LAS VARIABLES | 33 |
| 4.2.2. RESULTADOS DE FILTRACIÓN APICAL | 34 |
| 4.2.3. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS ENTRE CEMENTO SELLADOR/TÉCNICA DE OBTURACIÓN | 34 |
| 4.2.4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS ENTRE TIEMPOS | 35 |
| 4.3. DENSIDAD RADIOGRÁFICA MESIO-DISTAL | 35 |
| 4.3.1. INFLUENCIA DE LAS VARIABLES | 35 |
| 4.3.2. RESULTADOS DE DENSIDAD RADIOGRÁFICA MESIO-DISTAL | 36 |
| 4.3.3. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS ENTRE CEMENTO SELLADOR/TÉCNICA DE OBTURACIÓN | 37 |
| 4.3.4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS ENTRE TIEMPOS..... | 37 |
| 4.4. DENSIDAD RADIOGRÁFICA BUCO-LINGUAL | 38 |
| 4.4.1. INFLUENCIA DE LAS VARIABLES | 38 |
| 4.4.2. RESULTADOS DE DENSIDAD RADIOGRÁFICA BUCO-LINGUAL | 38 |

| | |
|--|----|
| 4.4.3. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS ENTRE CEMENTO SELLADOR/TÉCNICA DE OBTURACIÓN | 39 |
| 4.4.4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS ENTRE TIEMPOS | 39 |
| 4.5. EXTRUSIÓN APICAL DEL MATERIAL..... | 40 |
| 4.5.1. INFLUENCIA DE LAS VARIABLES | 40 |
| 4.5.2. RESULTADOS DE EXTRUSIÓN APICAL | 40 |
| 4.5.3. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS ENTRE CEMENTO SELLADOR/TÉCNICA DE OBTURACIÓN | 41 |
| 5. DISCUSIÓN | 43 |
| 5.1. VALIDEZ INTERNA DEL ESTUDIO..... | 43 |
| 5.2. TÉCNICAS DE OBTURACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES | 47 |
| 5.3. FILTRACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES | 48 |
| 5.4. CALIDAD RADIOGRÁFICA DE LA OBTURACIÓN..... | 50 |
| 5.5. EXTRUSIÓN DEL MATERIAL DE OBTURACIÓN..... | 52 |
| 6. CONCLUSIONES..... | 55 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA | 57 |



Capítulo JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

La obturación tridimensional consiste en rellenar todo el sistema de conductos radiculares, desde su inicio en la cámara pulpar hasta su terminación apical, con materiales biológicamente tolerados, capaces de impedir la filtración marginal y crear un ambiente propicio para la regeneración tisular¹. Sin embargo, numerosas investigaciones han demostrado que aún no se ha encontrado un material que reúna todas las propiedades deseadas para alcanzar este objetivo y que la microfiltración en sentido coronal y/o apical continua siendo una constante en las obturaciones endodónticas^{2,3,4,5,6,7,8,9,10}.

La microfiltración consiste en el movimiento de fluidos y microorganismos a lo largo de la interfase de las paredes de dentina y el material de relleno o a través de huecos dentro del propio material¹¹. Muchos parámetros anatómicos y consideraciones clínicas influyen en este proceso, incluyendo la morfología de la raíz, la anatomía del conducto, las técnicas de preparación, los materiales de relleno, la cooperación del paciente y la habilidad del operador. Cada

¹ Gutmann JL, Wiherspoon DE. Sistema de obturación de los canales radiculares limpios y conformados. En: Cohen S, Burns RC, editores. *Vías de la Pulpa*. 7ª ed. España: Harcourt Mosby; 1998. p. 258-361.

² Hovland EJ, Dumsha TC. Leakage evaluation *in vitro* of the root canal sealer cement Secalapex. *Int Endod J*. 1985;18:179-82.

³ Saunders WP, Saunders EM. Coronal leakage as a cause of failure in root-canal therapy: a review. *End Dent Traumatol*. 1994;10:105-8.

⁴ Gutmann JL. Adaptation of injected thermoplasticized gutta-percha in the absence of the dentinal smear layer. *Int Endod J*. 1993;26:87-92.

⁵ Gilhooly RM, Hayes SJ, Bryant ST, Dummer PM. Comparison of lateral condensation and thermomechanically compacted warm alpha-phase gutta-percha with a single cone for obturating curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2001;91:89-94.

⁶ Boussetta F, Bal S, Romeas A, Boivin G, Magloire H, Farge P. *In vitro* evaluation of apical microleakage following canal filling with a coated carrier system compared with lateral and thermomechanical gutta-percha condensation techniques. *Int Endod J*. 2003;36:367-71.

⁷ De Moor RJG, Hommez GMG. The long-term sealing ability of an epoxy resin root canal sealer used with five gutta-percha obturation techniques. *Int Endod J*. 2002;35:275-282.

⁸ Taylor JK, Jeansonne BG, Lemon RR. Coronal Leakage: Effects of smear layer, obturation technique, and sealer. *J Endod*. 1997;23:508-12.

⁹ Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. *In vitro* bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *J Endod*. 1990;16:566-9.

¹⁰ Madison S, Swanson K, Chiles SA. An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part II. Sealer types. *J Endod*. 1987;13:109-12.

¹¹ Gutmann JL, Wiherspoon DE. Sistema de obturación de los canales radiculares limpios y conformados. En: Cohen S, Burns RC, editores. *Vías de la Pulpa*. 7ª ed. España: Harcourt Mosby; 1998. p. 258-361.

uno de estos parámetros puede dar lugar a problemas que deberían ser evaluados a fondo para intentar conseguir un entorno que favorezca el éxito a largo plazo de los tratamientos endodónticos.

Los estudios sobre la capacidad de sellado en la obturación del conducto radicular no alcanzan conclusiones firmes que aboguen por un método, técnica o material que impida la microfiltración¹². La inquietud por mejorar la calidad y hermeticidad de los tratamientos endodónticos ha llevado a la introducción de nuevos materiales de relleno, los cuales deberían ser evaluados para comprobar el beneficio que aportan a los tratamientos de conductos radiculares.

En base a los antecedentes anteriormente mencionados, los objetivos planteados en este trabajo de Tesis Doctoral son los siguientes:

1. Evaluar la capacidad de sellado de Guttaflow® con técnica de condensación lateral de gutapercha, técnica de cono único y como único material de relleno en la obturación de conductos radiculares.
2. Comparar el sellado apical y coronal de GuttaFlow® versus AH Plus™, usando las técnicas de cono único y condensación lateral de la gutapercha.
3. Valorar la calidad radiográfica de GuttaFlow® en las proyecciones buco-lingual y mesio-distal con las tres técnicas de obturación utilizadas.
4. Contrastar la calidad radiográfica entre GuttaFlow® y AH Plus™ con las técnicas de condensación lateral y cono único.
5. Evaluar la extrusión de GuttaFlow® con técnica de condensación lateral de gutapercha, técnica de cono único y como único material de relleno en la obturación de conductos radiculares.
6. Comparar la extrusión de GuttaFlow® y AH Plus™ con las técnicas de condensación lateral de la gutapercha y cono único.

¹² Wu MK, Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I: Methodology, application and relevance. Int Endod J. 1993;26:37-43.



II Capítulo INTRODUCCIÓN

2.1. OBTURACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES

El éxito del tratamiento endodóntico está basado en un correcto diagnóstico, adecuada preparación y buena calidad de la obturación del complejo sistema de conductos radiculares. Asimismo, el conocimiento de la anatomía y morfología radicular, y la planificación del diagnóstico y tratamiento son considerados parámetros que pueden mejorar los porcentajes de éxito de las obturaciones de conductos radiculares¹³

En un estudio sobre las causas de éxito y fracaso endodóntico¹⁴, se consideró que la mayoría de los fracasos se debían a una obturación deficiente de los conductos, que estaría favorecida por la complejidad de la anatomía radicular^{15,16}. Una raíz con un único foramen apical es una excepción en lugar de una regla, encontrando conductos laterales en un 27 a un 45% de los dientes¹⁷. Además, la presencia de múltiples foraminas, deltas apicales y conductos accesorios, como componentes de este sistema^{18,19,20,21}, constituyen un verdadero reto para lograr un sellado tridimensional hermético²². En este sentido, la consecución y mantenimiento del sellado, en el sistema de conductos

¹³ Johnson WT, Gutmann JL. Obturación del sistema de conductos radiculares una vez limpios y remodelados. En: Cohen S, Hargreaves KM, editores. Vías de la pulpa. 9ªed. Madrid: Elsevier; 2007. p. 365-406.

¹⁴ Ingle JL, Beveridge E, Glick D, Weichman J. The Washington study. En: Ingle JI, Bakland LK, editores. Endodoncia. 4ªed. México: McGraw-Hill Interamericana; 1996. p. 25.

¹⁵ DuLac KA, Nielsen CJ, Tomazic TJ, Ferrillo PJ Jr, Hatton JF. Comparison of the obturation of lateral canals by six techniques. J Endod. 1999;25:376-80.

¹⁶ Karagöz-Küçükay I, Bayirli G. An apical leakage study in the presence and absence of the smear layer. Int Endod J. 1994;27:87-93.

¹⁷ Reader CM, Himel VT, Germain LP, Hoen MM. Effect of three obturation techniques on the filling of lateral canals and the main canal. J Endod. 1993;19:404-8.

¹⁸ Al-Dewani N, Hayes SJ, Dummer PM. Comparison of laterally condensed and low-temperature thermoplasticized gutta-percha root fillings. J Endod. 2000;26:733-8.

¹⁹ Budd CS, Weller RN, Kulild JC. A comparison of thermoplasticized injectable gutta-percha obturation techniques. J Endod. 1991;17:260-4.

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

²¹ Goldberg F, Zmener O, Massone E, Pruskin E, Basrani E. Surface architecture of a low-temperature thermoplasticized gutta-percha. Endod Dent Traumatol. 1991;7:108-11.

²² Pallarés A, Faus V. A comparative study of the sealing ability of two root canal obturation techniques. J Endod. 1995;21:449-50.

radiculares, es un requisito muy importante para el éxito del tratamiento endodóntico²³. Durante la fase de obturación del conducto el objetivo que se persigue es doble^{24,25}.

- Rellenar, de manera lo más hermética posible, la totalidad del sistema de conductos radiculares con un material que sea estable y biocompatible, sin sobrepasar el límite apical de la preparación.
- Posibilitar la reparación biológica de los tejidos afectados.

Los materiales utilizados en la obturación de conductos incluyen un material de núcleo, sólido o semisólido, y cementos selladores como materiales plásticos²⁶.

2.1.1. MATERIALES DE NÚCLEO

Entre los materiales de núcleo se encuentran la gutapercha, puntas de plata, puntas elaboradas con acrílico y un nuevo polímero sintético basado en policaprolactona (Resilon; Resilon Research LLC, Madison; CT).

La gutapercha, desde su introducción por Bowman en 1867^{27,28,29}, es el material de núcleo universalmente aceptado³⁰ y utilizado en la obturación de conductos radiculares. Es un polímero orgánico natural (poliisopreno) con diferentes formas estereoquímicas, que le confieren distintas propiedades, aunque su composición química sea la misma³¹. Las formas cristalinas alfa y beta son las utilizadas en endodoncia.

Si la gutapercha alfa (estado natural de la misma) se somete a la temperatura de fusión, 65°C, se transforma en una gutapercha amorfa que al ser enfriada a temperatura ambiente, y de modo espontáneo, adopta la forma cristalina beta. Por el contrario, si el enfriamiento ocurre de forma lenta se produce una recristalización en la forma alfa. En la fase beta el material es una masa sólida que puede condensarse, no presentando adherencia a la dentina. En la fase alfa es un material flexible y pegajoso que puede fluir bajo presión y tiene cierto grado de adhesividad.

Entre las propiedades deseables de la gutapercha se encuentra su viscoelasticidad, lo que facilita su adaptación a las paredes del conducto³², y su biocompatibilidad^{33,34,35}, siendo el material disponible menos alergénico que se puede encontrar. Se comporta de modo inerte, sin capacidad inmunógena³⁶. Además, es radiopaca, no tiñe los tejidos dentales y se elimina fácilmente del conducto. No obstante, su escasa rigidez y capacidad adhesiva hacen necesario el uso de un cemento sellador para conseguir un sellado tridimensional hermético. Las propiedades físicas y químicas de la gutapercha posibilitan su empleo en las diferentes técnicas de obturación de conductos radiculares^{37,38}.

La presentación más común de la gutapercha es en forma de puntas o conos, en forma cristalina beta. Lo conos de gutapercha contienen aproximadamente un 20% de gutapercha, un 65% de óxido de zinc, un 10 % de sustancias

²³ Wu MK, Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I: Methodology, application and relevance. *Int Endod J.* 1993;26:37-43.

²⁴ Gutmann JL, Wiherspoon DE. Sistema de obturación de los canales radiculares limpios y conformados. En: Cohen S, Burns RC, editores. *Vías de la Pulpa.* 7ª ed. España: Harcourt Mosby; 1998. p. 258-361.

²⁵ Canalda Sahli C. Obturación de los conductos radiculares. En: Canalda Sahli C, Brau Aguadé E, editores. *Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas.* 2ª ed. Barcelona: Masson; 2006. p. 209-37.

²⁶ Lucena-Martín C, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Robles-Gijón V, Navajas-Rodríguez de Mondelo JM. A comparative study of apical leakage of endomethasone, Top Seal and Roeko Seal sealer cements. *J Endod.* 2002;28:423-6.

²⁷ Johnson WT, Gutmann JL. Obturación del sistema de conductos radiculares una vez limpios y remodelados. En: Cohen S, Hargreaves KM, editores. *Vías de la pulpa.* 9ª ed. Madrid: Elsevier; 2007. p. 365-406.

²⁸ Figueiredo JAP de, Estrela C. Obturação do canal radicular. En: Estrela C, Figueiredo JAP, editores. *Endodontia: princípios biológicos e mecânicos.* São Paulo: Artes Medicas; 1999. p. 656-90.

²⁹ Lee CQ, Chang Y, Cobb CM, Robinson S, Hellmuth EM. Dimensional stability of thermosensitive gutta-percha. *J Endod.* 1997;23:579-82.

³⁰ Weine FS. *Terapéutica en endodoncia.* 2ª ed. Salvat; 1991. p. 387-434.

³¹ Marciano J, Michalesco P, Abadie MJ. Stereochemical structure characterization of dental gutta-percha. *J Endod.* 1993;19:31-4.

³² Canalda Sahli C. Obturación de los conductos radiculares. En: Canalda Sahli C, Brau Aguadé E, editores. *Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas.* 2ª ed. Barcelona: Masson; 2006. p. 209-37.

³³ Tvaers T, Soares IJ, Silveira NL. Reactions of rat subcutaneous tissue to implant of gutta-percha for endodontic use. *Endod Traumatol.* 1994;10:174-8.

³⁴ Boulger EP. The foreign body reaction of rat tissue and human tissue to gutta-percha. *J Am Dent Assoc.* 1933;20:1473-81.

³⁵ Hunter HA. The effect of gutta-percha, silver points, and Rickerts root sealer on bone healing. *J Canad Dent Ass.* 1957;23:385-87.

³⁶ Gutmann JL, Wiherspoon DE. Sistema de obturación de los canales radiculares limpios y conformados. En: Cohen S, Burns RC, editores. *Vías de la Pulpa.* 7ª ed. España: Harcourt Mosby; 1998. p. 258-361.

³⁷ Budd CS, Weller RN, Kulild JC. A comparison of thermoplasticized injectable gutta-percha obturation techniques. *J Endod.* 1991;17:260-4.

³⁸ Combe EC, Cohen BD, Cummings K. Alpha- and beta-forms of gutta-percha in products for root canal filling. *Int Endod J.* 2001;34:447-51.

radiopacas y un 5% de plastificadores³⁹. Siguen la norma ISO/FDI nº 6877. Existen puntas estandarizadas desde el calibre 15 al 140 y con conicidad de 2, 4 y 6%, para adaptarse a las nuevas conicidades de los instrumentos rotatorios⁴⁰.

2.1.2. CEMENTOS SELLADORES

Los cementos selladores son los materiales que sirven para unir el material de núcleo entre sí y éste a la pared dentinaria, es decir, sellan las interfases existentes en el interior del conducto radicular. Entre los requisitos ideales que debe cumplir un cemento sellador de conductos radiculares se encuentran^{41,42}:

- Fácil de introducir en el conducto radicular, con un tiempo de trabajo suficiente.
- Estable dimensionalmente, sin contraerse tras su introducción.
- Impermeable, sin solubilizarse en medio húmedo.
- Sellar la totalidad del conducto, tanto apical como lateralmente.
- Debe ser bien tolerado por los tejidos periapicales.
- Debe ser radioopaco, para poder distinguirlo en las radiografías.
- No debe teñir los tejidos del diente.
- Debe ser estéril o fácil de esterilizar antes de su introducción.
- Ha de poder retirarse con facilidad del conducto, si es necesario.
- Debe ser bacteriostático.
- No ha de generar una reacción inmunitaria al ponerse en contacto con el tejido periapical.
- No debe ser mutagénico, ni carcinogénico.

En líneas generales, aunque ningún sellador cumple todos los requisitos ideales, la mayoría de ellos son biocompatibles y bien tolerados por los tejidos perirradiculares⁴³. No obstante, presentan diferentes grados de toxicidad cuando están recién mezclados, la cual disminuye tras el fraguado⁴⁴ y algunos de ellos se pueden reabsorber cuando entran en contacto con los tejidos y fluidos periapicales⁴⁵.

Por otra parte, aunque la curación y reparación de los tejidos periapicales no suele afectarse con los selladores, siempre que no produzcan derivados catabólicos con el paso del tiempo^{46,47,48}, los productos de su descomposición pueden tener un efecto adverso sobre la capacidad de proliferación celular perirradicular⁴⁹. De ahí la importancia del control del límite apical de sellado en la obturación del conducto radicular.

Existe una gran variedad de cementos selladores en el mercado, los cuales pueden ser clasificados atendiendo a su composición química⁵⁰ (Tabla I).

³⁹ Friedman CE, Sandrik JL, Heuer MA, Rapp GW. Composition and physical properties of gutta-percha endodontic filling materials. J Endod. 1977;3:304-8.

⁴⁰ Gutmann JL, Witherspoon DE. Sistema de obturación de los canales radiculares limpios y conformados. En: Cohen S, Burns RC, editores. Vías de la Pulpa. 7ª ed. España: Harcourt Mosby;1998. p. 258-361.

⁴¹ Grossman LI. Physical properties of root canal cements. J Endod. 1976;2:166-175.

⁴² Ingle JI, West JD. Obturación del espacio radicular. En: Ingle JI, Bakland LK, editores. Endodoncia. 4ª ed. México: MacGraw-Hill Interamericana; 1996. p. 244.

⁴³ Spångberg L. Biological effects of root canal filling materials. 7. Reaction of bony tissue to implanted root canal filling material in guineapigs. Odontol Tidskr. 1969;77:133-59.

⁴⁴ Langeland K. Root canal sealants and pastes. Dent Clin North Am. 1974;18:309-27.

⁴⁵ Augsburger RA, Peters DD. Radiographic evaluation of extruded obturation materials. J Endod. 1990;16:492-7.

⁴⁶ Boiesen J, Brodin P. Neurotoxic effect of two root canal sealers with calcium hydroxide on rat phrenic nerve *in vitro*. Endod Dent Traumatol. 1991;7:242-5.

⁴⁷ Briseño Marroquín B, Wolter D, Willershausen-Zönnchen B. Dimensional variability of nonstandardized greater taper finger spreaders with matching gutta-percha points. Int Endod J. 2001;34:23-8.

⁴⁸ Brodin P, Røed A, Aars H, Orstavik D. Neurotoxic effects of root filling materials on rat phrenic nerve *in vitro*. J Dent Res. 1982;61:1020-3.

⁴⁹ Granchi D, Stea S, Ciapetti G, Cavedagna D, Stea S, Pizzoferrato A. Endodontic cements induce alterations in the cell cycle of *in vitro* cultured osteoblasts. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1995;79:359-66.

⁵⁰ Canalda Sahli C. Obturación de los conductos radiculares. En: Canalda Sahli C, Brau Aguadé E, editores. Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas. 2ª ed. Barcelona: Masson; 2006. p. 209-37.

Tabla 1. Cementos selladores endodónticos clasificados según su composición química.

| COMPONENTE PRINCIPAL | CEMENTOS SELLADORES / FABRICANTE |
|-------------------------------------|---|
| Óxido de zinc y eugenol | <ul style="list-style-type: none"> - Cemento de Grossman (Star Dental, Sultan Chemists). - Cemento de Rickert (Sybron Kerr). - Cemento de Wach (Sultan). - Tubli Seal™ (Sybron Kerr). - Tubli Seal EWT (Sybron Kerr). - Endométhasone (Septobond). - N 2® (Agsa). - Treatment Spad (Spad). - Roth 801® (Roth Int). - Rocanal™ 2 y 3 (La Maison Dentaire). |
| Hidróxido de calcio | <ul style="list-style-type: none"> - Sealapex (Sybron Kerr). - Calciobiotic Root Canal Sealer o CRCSTM (Hygenic). - Apexit® (Vivadent). - Vitapex® (Neo Dental Chemical Products). |
| Ionómero de vidrio | <ul style="list-style-type: none"> - Ketac™-Endo (ESPE™). - Activ GP™(Brasseler). |
| Siliconas | <ul style="list-style-type: none"> - Lee Endo-Fill (Lee Parapharmaceuticals). - RSA RoekoSeal (Roeko). - GuttaFlow® (Coltene-Whaledent). |
| Resinas plásticas | <ul style="list-style-type: none"> - Diaket™ (ESPE™). - AH 26® (De Trey). - AH Plus™ o Topseal® (Dentsply). - Thermaseal® (Tulsa Dental). |
| Resinas hidrofílicas | <ul style="list-style-type: none"> - EndoREZ® (Ultradent). - Hydron (NDP Dental System). |
| Modificaciones de gutapercha | <ul style="list-style-type: none"> - Kloroperka N-Ø (N-Ø Therapeutics). - Cloropercha (Moyno). |
| Poliésteres | <ul style="list-style-type: none"> - Epiphany® (Pentron, Sybron). - RealSeal™ (Pentron, Sybron). |

2.1.2.1. Selladores basados en resina

Los selladores basados en resinas plásticas se crearon en Europa con la finalidad de conseguir un sellado estable en el interior de los conductos radiculares⁵¹. Su principal ventaja es su mayor adhesión a dentina, pero también presentan algunos inconvenientes tales como: ser irreabsorbibles, más radiopacos que la gutapercha^{52,53}, pueden provocar tinciones si llevan plata, son difíciles de desobturar si no van unidos a gutapercha, su capacidad antiséptica es baja y liberan formaldehído al polimerizar con la resina epoxi-bisfenol.

AH Plus™, es un derivado del AH 26® que tiene como componentes principales: resina epoxidiamina, tungsteno cálcico, óxido de circonio y de hierro, aerosil y aceite de silicona. Se dispensa en sistema pasta-pasta o en jeringa de automezclado. Tiene un tiempo de trabajo de 4 horas y un tiempo de fraguado de 8 horas; y la mitad de solubilidad

⁵¹ Johnson WT, Gutmann JL. Obturación del sistema de conductos radiculares una vez limpios y remodelados. En: Cohen S, Hargreaves KM, editores. Vías de la pulpa. 9ªed. Madrid: Elsevier; 2007. p. 365-406.

⁵² Katz A, Kaffe I, Littner M, Tagger M, Tamse A. Densitometric measurement of radiopacity of Gutta-percha cones and root dentin. J Endod. 1990;16:211-3.

⁵³ Tanomaru-Filho M, Jorge EG, Guerreiro Tanomaru JM, Gonçalves M. Radiopacity evaluation of new root canal filling materials by digitalization of images. J Endod. 2007;33:249-51.

y espesor de película que AH 26^{®54}. Además, es de fluidez alta, presenta buena adherencia a dentina y tiene notable radioopacidad.

Siqueira y cols.⁵⁵ mostraron que AH Plus[™] presentaba valores de fluidez significativamente mayores que otros selladores basados en óxido de zinc eugenol o resinas (sellador de Grossman, ThermaSeal[®], Sealer 26 y Sealer Plus), resultados que concuerdan con los de McMichen y cols.⁵⁶; quienes pusieron de manifiesto la gran estabilidad de AH Plus[™] en solución acuosa y su buen espesor de película.

Por otro lado, Leonardo y cols.⁵⁷ informaron que AH Plus[™] inhibió *in vitro* el crecimiento de las especies bacterianas *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Streptococcus mutans* o *Staphylococcus epidermidis*; proporcionando una respuesta tisular satisfactoria, en dientes de perro con lesiones periapicales, que conducía a la reparación apical y periapical⁵⁸ de dichos dientes. No obstante, se ha descrito que los materiales endodónticos que muestran una fuerte actividad antimicrobiana frecuentemente son mutagénicos⁵⁹, sobre todo aquéllos que liberan formaldehído. En este sentido, distintos autores han estudiado la cantidad de formaldehído liberada por AH Plus[™], contrastándola con la obtenida con otros selladores. Leonardo y cols.⁶⁰ informaron que la liberación de formaldehído por AH Plus[™] era mínima, dato confirmado por Cohen y cols.⁶¹, quienes mostraron que el sistema de presentación en dos pastas de AH Plus[™] liberaba menor cantidad de formaldehído (0,00039% ppm) que AH 26[®] y EZ Fill[®].

Respecto a la citotoxicidad, estudios como los de Schweiki y cols.⁶² y Cohen y cols.⁶³, determinaron que las muestras analizadas de AH Plus[™] y AH 26[®] fueron citotóxicas. Otros autores, en cambio, afirmaron que AH Plus[™] tenía menor toxicidad que AH 26[®], tanto en cultivos con hepatocitos de rata⁶⁴, como en células pulpares y dérmicas de ratón⁶⁵. Según Jukic y cols.⁶⁶, AH 26[®] es mucho más mutagénico que AH Plus[™], tanto recién mezclado como un mes después de la mezcla. Azar y cols.⁶⁷ encontraron que la citotoxicidad de AH Plus[™] se reducía a las cuatro horas de realizar la mezcla, mientras que otros selladores como AH 26[®] o distintos cementos de óxido de zinc y eugenol, tenían un efecto mucho más prolongado en el tiempo (hasta cinco semanas).

Autores como Leyhausen y cols.⁶⁸ afirman que AH Plus[™] no se asocia a la aparición de mutaciones ni cáncer, causando únicamente mínimas o incluso nulas lesiones celulares. Leonardo y cols.⁶⁹ mostraron que tras la obturación del conducto radicular con AH Plus[™] y gutapercha no se encontraron células inflamatorias ni áreas de necrosis.

⁵⁴ Ingle JI, Newton CW, West JD, Gutmann JL, Glickman GN, Korzon BH, Martin H. Obturación del espacio radicular. En: Ingle JI, Bakland LK, editores. Endodoncia. 5ªed. Mexico: McGrawHill Interamericana; 2004. p. 581-680.

⁵⁵ Siqueira JF Jr, Favieri A, Gahyva SM, Moraes SR, Lima KC, Lopes HP. Antimicrobial activity and flow rate of newer and established root canal sealers. J Endod. 2000;26:2747.

⁵⁶ McMichen FR, Pearson G, Rahbaran H, Gulabivala K. A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. Int Endod J. 2003;36:629-35.

⁵⁷ Leonardo MR, da Silva LA, Tanomaru Filho M, Bonifácio KC, Ito IY. *In vitro* evaluation of antimicrobial activity of sealers and pastes used in endodontics. J Endod. 2000;26:391-4.

⁵⁸ Leonardo MR, Medeiros Salgado AA, Bezerra da Silva LA, Tanomaru Filho M. Apical and periapical repair of dogs teeth with periapical lesions alter endodontic treatment with different root canal sealers. Pesqui Odontol Bras. 2003;17:69-74.

⁵⁹ Geursen W, Leyhausen G. Biological aspects of root canal filling materials-histocompatibility, cytotoxicity, and mutagenicity. Clin Oral Investig. 1997;1:5-11.

⁶⁰ Leonardo MR, Bezerra da Silva LA, Filho MT, Santana da Silva R. Release of formaldehyde by 4 endodontic sealers. Oral Surg Oral Med Pathol Oral Radiol Endod. 1999;88:221-5.

⁶¹ Cohen BI, Pagnillo MK, Musikant BL, Deutsch AS. Formaldehyde evaluation from endodontic materials. Oral Health. 1998;88:37-9.

⁶² Schweiki H, Schmaiz G, Federlin M. Mutagenicity of the root canal sealer AH plus in the Ames Test. Clin Oral Investig. 1998;2:125-9.

⁶³ Cohen BI, Paanillo MK, Musikant BL, Deutsch AS. An *in vitro* study of the cytotoxicity of two root canal sealers. J Endod. 2000;26:228-9.

⁶⁴ Huang, TH, Lii CK, Chou MY, Kao CT. Lactate dehydrogenase leakage of hepatocytes with AH 26 and AH plus sealer treatments. J Endod. 2000;26:509-11.

⁶⁵ Kotilaouzidou EA, Papazisis KT, Beltes P, Geiomichalos GD, Kortsaris AH. Cytotoxicity of three resin-based root canal sealers: an *in vitro* evaluation. Endod Dent Traumatol. 1998;14:182-5.

⁶⁶ Jukic S, Miletic I, Anic I, Britvic S, Osmak M, Sistia S. The mutagenic potencial of AH plus and AH 26 by Salmonella/microsome assay. J Endod. 2000;26:321-4.

⁶⁷ Azar NG, Heidari M, Bahrami ZS, Shokri F. *In vitro* cytotoxicity of a new epoxy resin root canal sealer. J Endod. 2000;26:462-5.

⁶⁸ Leyhausen G, Heil J, Reifferscheid G, Waldmann P, Geurtsen W. Genotoxicity and cytotoxicity of the epoxy resin-based root canal sealer AH plus. J Endod. 1999;25:1091-3.

⁶⁹ Leonardo MR, da Silva LA, Almeida WA, Utrilla LS. Tissue response to an epoxy resin-based root canal sealer. Endod Dent Traumatol. 1999;15:28-32.

Por otra parte, la adhesión a dentina y gutapercha de los selladores basados en resina epóxica, entre ellos AH Plus™, ha sido corroborada por diferentes autores^{70,71,72,73,74}. Esta ventaja inicial, mayor que en la mayoría de cementos selladores, dificulta su eliminación del conducto radicular⁷⁵, en caso de necesitar el diente un nuevo tratamiento de conductos radiculares. No obstante, en pruebas realizadas con solventes volátiles como halotano y cloroformo mostró un nivel de solubilidad aceptable⁷⁶.

2.1.2.2. Selladores basados en silicona

Los selladores basados en silicona se introdujeron en la década de los años 80. El primer sellador basado en silicona que se formuló fue Lee Endo-Fill (Lee Pharmaceuticals). Su fluidez, adhesión a dentina y biocompatibilidad⁷⁷ permitieron incluirlo como cemento sellador para la obturación de conductos radiculares.

En 2002, se introdujo en el mercado el sellador basado en silicona RoekoSeal (RoekoSeal Automix, Roeko, Langenau, Germany), cuya fórmula mejorada proporciona una ligera expansión tras el fraguado del material. Según Ørstavik⁷⁸, RoekoSeal expande un 0,2% durante las 4 primeras semanas y posteriormente se mantiene estable. Su composición incluye polidimetilsiloxano, aceite de parafina, dióxido de circonio y hexacloroplatínico como catalizador ácido. Se presenta en dos tubos, para ser utilizado mediante jeringa, con una punta mezcladora que garantiza la uniformidad de la mezcla.

RoekoSeal ha demostrado biocompatibilidad^{79,80} y buena adaptación a dentina y gutapercha⁸¹. Su capacidad de sellado con técnica de cono único⁸² o con la técnica de condensación lateral fría de gutapercha ha obtenido resultados favorables^{83,84}.

2.1.2.3. GuttaFlow®

GuttaFlow® es un material fluido que combina, en un mismo producto, un sellador de silicona con gutapercha para la obturación de conductos radiculares. En su composición encontramos una matriz de polidimetilsiloxano con una elevada proporción de gutapercha, muy finamente triturada, como material de relleno. Además presenta aceite de silicona, aceite de parafina, catalizador de platino, dióxido de circonio, plata nanoscópica y colorante.

Según el fabricante, entre sus propiedades se encuentran: la facilidad de penetración en los conductos laterales y túbulos dentinarios, buena radiopacidad, gran fluidez, biocompatibilidad, no contener eugenol y su insolubilidad. No sufre contracción y se expande un 0,2%, tras el fraguado, ser de fácil manejo y poseer un tiempo de fraguado corto, de 25 a 30 minutos. Se dispensa en cápsulas, que tras ser activadas, se insertan en una pistola portamateriales y se puede inyectar en el conducto mediante una boquilla aplicadora.

⁷⁰ Tagger M, Tagger E, Tjan AH, Bakland LK. Measurement of adhesion of endodontic sealers to dentin. J Endod. 2002;28:351-4.

⁷¹ Tagger M, Tagger E, Tjan AH, Bakland LK. Shearing bond strength of endodontic sealers to gutta-percha. J Endod. 2003;29:191-3.

⁷² Lee KW, Williams MC, Camps IJ, Pashley DH. Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. J Endod. 2002;28:684-8.

⁷³ Huang TH, Kao CT. Ph measurement of root canal sealers. J Endod. 1998;24:236-8.

⁷⁴ Pecora JD, Cussioli AL, Guerisoli DM, Marchesan MA, SousaóNeto MD, Bruanera JA. Evaluation of ER:YAG laser and EDTAC on dentin adhesion of six endodontic sealers. Braz Dent J. 2001; 12:27-30.

⁷⁵ Erdemir A, Adani N, Belli S. *In vitro* evaluation effect of solvents on root canal sealers. J Oral Sci. 2003;45:123-6.

⁷⁶ Whitworth JM, Boursin EM. Dissolution of root canal sealer cements in volatile solvents. Int Endod J. 2000;33:19-24.

⁷⁷ Canalda Sahli C. Obturación de los conductos radiculares. En: Canalda Sahli C, Brau Aguadé E, editores. Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas. 2ªed. Barcelona: Masson; 2006. p. 209-37.

⁷⁸ Ørstavik D, Nordahl I, Tibballs JE. Dimensional change following setting of root canal sealer materials. Dent Mater. 2001;17:512-9.

⁷⁹ Al-Awadhi S, Spears R, Gutmann JL, Opperman LA. Cultured primary osteoblast viability and apoptosis in the presence of root canal sealers. J Endod. 2004;30:527-33.

⁸⁰ Miletic I, Devcic N, Anic I, Borcic J, Karlovic Z, Osmak M. The cytotoxicity of RoekoSeal and AH plus compared during different setting periods. J Endod. 2005;31:307-9.

⁸¹ Gençoglu N, Türkmen C, Ahiskali R A new silicon-based root canal sealer (Roekoseal®-Automix). J Oral Rehabil. 2003;30:753-7.

⁸² Wu MK, Van der Sluis LWM, Wesselink PR. A 1-year follow-up study on leakage of single-cone fillings with RoekoRSA sealer. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2006;101:662-7.

⁸³ Cobankara FK, Orucoglu H, Sengun A, Belli S. The quantitative evaluation of apical sealing of four endodontic sealers. J Endod. 2006;32:66-8.

⁸⁴ Wu MK, Tigos E, Wesselink PR. An 18-month longitudinal study on a new silicon-based sealer, RSA RoekoSeal: a leakage study *in vitro*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2002;94:499-502.

Hammad y cols.⁸⁵ comprobaron la ligera expansión sufrida por este material, corroborando estudios anteriores realizados con RoeKoSeal^{86,87}. Recientemente, Kontakiotis y cols.⁸⁸ han comparado la capacidad de fluir de diferentes selladores (Roth 801[®], AH26[®], RoekoSeal y GuttaFlow[®]). Los selladores basados en silicona mostraron la menor capacidad para fluir pasivamente en las pequeñas áreas del sistema de conductos radiculares. Según estos autores, se necesita suficiente carga lateral o vertical para que estos selladores fluyan adecuadamente en las pequeñas áreas del interior del conducto radicular.

Por otra parte, Zielinski y cols.⁸⁹ han puesto de manifiesto que GuttaFlow[®] sella eficazmente los conductos laterales y depresiones en los 7 milímetros apicales de los conductos radiculares. Al comparar GuttaFlow[®] con técnica de cono único y Roth 801[®], con técnica de compactación vertical caliente de la gutapercha, encontraron que GuttaFlow[®] penetró significativamente mejor que Roth 801[®] en los conductos laterales (en los 2 mm apicales) y depresiones de los conductos radiculares. Sin embargo, la extrusión apical de GuttaFlow[®] fue mayor que la encontrada en las muestras obturadas con el cemento de óxido de zinc y eugenol.

Herbert y cols.⁹⁰ afirman que GuttaFlow[®] tiene buena adaptación tanto a las paredes del conducto radicular como al cono de gutapercha; presentando, tras el fraguado, pequeñas áreas de porosidades⁹¹. Igualmente, su baja toxicidad ha sido puesta de manifiesto y comparada con distintos materiales existentes en el mercado como AH Plus[™], Epiphany[®], EndoREZ[®], RoekoSeal, Apexit[®] y Acroseal^{92,93,94,95}. Además, es fácil de remover del interior del conducto⁹⁶, hallando menor cantidad de restos de material en el interior del conducto, tras su eliminación en casos de retratamiento, que la encontrada con distintos tipos de selladores como Tubli Seal[™], EndoREZ[®] y RealSeal^{™97}.

Según Herbert y cols.⁹⁸ GuttaFlow[®] presenta una calidad radiográfica equiparable a otros selladores actuales como EndoREZ[®] y Epiphany[®], y tiene una radiopacidad superior a la mínima determinada por la ISO and ANSI/ADA (3mm de aluminio)⁹⁹.

2.2. TÉCNICAS DE OBTURACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES

En la literatura se pueden encontrar diversas técnicas y sistemas para la obturación de conductos radiculares¹⁰⁰ (Tabla 2). Todos estos recursos se desarrollaron con el propósito de obturar tridimensionalmente la rica y compleja morfología interna de los conductos, que deberá ser perfectamente sellada.

⁸⁵ Hammad M, Qualtrough A, Silikas N. Extended setting shrinkage behaviour of endodontic sealers. J Endod. 2008;34:90-3.

⁸⁶ Lucena-Martín C, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Robles-Gijón V, Navajas-Rodríguez de Mondelo JM. A comparative study of apical leakage of Endomethasone, Top Seal, and Roeko Seal sealer cements. J Endod. 2002;28:423-6.

⁸⁷ Ørstavik D, Nordahl I, Tibballs JE. Dimensional change following setting of root canal sealer materials. Dent Mater. 2001;17:512-9.

⁸⁸ Kontakiotis EG, Tzanetakakis GN, Loizides AL. A Comparative Study of Contact Angles of Four Different Root Canal Sealers. J Endod. 2007;33:299-302.

⁸⁹ Zielinski TM, Baumgartner JC, Marshall JG. An evaluation of Guttaflow and gutta-percha in the filling of lateral grooves and depressions. J Endod. 2008;34:295-8.

⁹⁰ Herbert J, Bruder M, Braunsteiner J, Altenburger MJ, Wrbas KT. Apical quality and adaptation of Resilon, EndoREZ, and Guttaflow root canal fillings in combination with a noncompaction technique. J Endod. 2009;35:261-4.

⁹¹ Elayouti A, Achleithner C, Löst C, Weiger R. Homogeneity and adaptation of a new gutta-percha paste to root canal walls. J Endod. 2005;31:687-90.

⁹² Bouillaguet S, Wataba JC, Tay FR, Brackett M, Lockwood PE. Initial *in vitro* biological response to contemporary endodontic sealers. J Endod. 2006;32:989-92.

⁹³ Eldeniz AU, Mustafa K, Ørstavik D, Dahl JE. Cytotoxicity of new resin- calcium hydroxide- and silicone-based root canal sealers on fibroblasts derived from human gingiva and L929 cell lines. Int Endod J. 2007;40:329-37.

⁹⁴ Mohammadi Z, Yazdizadeh M. Evaluation of the antibacterial activity of new root canal sealers. J Clin Dent. 2007;18:70-2.

⁹⁵ Gencoglu N, Sener G, Omurtag GZ, Tozan A, Uslu B, Arbak S, et al. Comparison of biocompatibility and cytotoxicity of two new root canal sealers. Acta Histochem. 2009;21.

⁹⁶ Tasdemir T, Yldirim T, Celik D. Comparative Study of Current Endodontic Fillings. J Endod. 2008;34:326-9

⁹⁷ Hammad M, Qualtrough A, Silikas N. Three-dimensional evaluation of effectiveness of hand and rotary instrumentation for retreatment of canals filled with different materials. J Endod. 2008;34:1370-3

⁹⁸ Herbert J, Bruder M, Braunsteiner J, Altenburger MJ, Wrbas KT. Apical quality and adaptation of Resilon, EndoREZ, and Guttaflow root canal fillings in combination with a noncompaction technique. J Endod. 2009;35:261-4.

⁹⁹ Taşdemir T, Yesilyurt C, Yildirim T, Er K. Evaluation of the radiopacity of new root canal paste/sealers by digital radiography. J Endod. 2008;34:1388-90.

¹⁰⁰ Ingle JI, Newton CW, West JD, Gutmann JL, Glickman GN, Korzon BH, et al. Obturación del espacio radicular. En: Ingle JI, Bakland LK, editores. Endodoncia. 5ª ed. Mexico: McGrawHill Interamericana; 2004. p. 581-680.

Tabla 2. Métodos de obturación.

| COMPONENTE PRINCIPAL | CEMENTOS SELLADORES / FABRICANTE |
|--|--|
| Gutapercha de centro sólido con selladores | <p>Puntas de Gutapercha Fría. -condensación lateral. -variaciones de la condensación lateral.</p> <p>Gutapercha fría químicamente plastificada. -aceites esenciales y solventes (eucaliptol, cloroformo, halotano).</p> <p>Gutapercha calentada en el interior del conducto. -condensación vertical. -condensación por System B. -condensación transversal. -condensación lateral-vertical (Endo-Tec II). -condensación termomecánica (Sistema Microseal, TLC, técnica híbrida, J S Quik Fill, plastificación ultrasónica).</p> <p>Gutapercha termoplastificada. -inserción de jeringa (Obtura; Inject-R-Fill, inyección retrodentaria). -inserción de porta-núcleo sólido (Thermafil y Densfil, Soft Core y Three Dee GP)</p> |
| Obturación del tercio apical | <p>Simplifill de baja velocidad. Dentin- chip. Hidróxido de calcio.</p> |
| Inyección u obturación “espiral” | <p>Cementos. Pastas. Plástico. Fosfato de calcio.</p> |

2.2.1. TÉCNICA DE CONDENSACIÓN LATERAL DE LA GUTAPERCHA

Durante mucho tiempo la condensación lateral de gutapercha fría con sellador ha sido el referente con el cual se comparan otros métodos de obturación del conducto radicular¹⁰¹.

Esta técnica consiste en aplicar una base de sellador en el conducto y una punta de gutapercha principal, medida y adaptada, que a su vez se condensa lateralmente con un espaciador ahusado, para dar cabida a puntas accesorias adicionales. El espaciador se selecciona de acuerdo con el tamaño, curvatura y longitud del conducto y debe llegar apicalmente en torno a 1mm de la longitud de trabajo para garantizar la calidad de la obturación¹⁰². Las puntas accesorias deben ser introducidas hasta que el espaciador no pueda penetrar más de 2-3 mm en el conducto radicular. La masa final de puntas se corta a nivel del orificio coronario, con un instrumento caliente, y se efectúa la condensación vertical final para proporcionar un sellado más eficaz¹⁰³.

2.2.2. TÉCNICA DE CONO ÚNICO

Con la introducción de la técnica de preparación estandarizada¹⁰⁴ se popularizó el método de relleno del conducto radicular con una sola punta de gutapercha, que abarcara la longitud total del conducto, asociada a un sellador. La teoría que sustentaba el uso de esta técnica era sencilla y atractiva. Se preparaba el conducto, dándole una forma redonda de tamaño estándar, mediante ensanchadores y, a continuación, se obturaba con una punta de gutapercha de diámetro equivalente. Sin embargo, se pudo observar que pocas veces se conseguía una preparación totalmente

¹⁰¹ Gilhooly RM, Hayes SJ, Bryant ST, Dummer PM. Comparison of lateral condensation and thermomechanically compacted warm alpha-phase gutta-percha with a single cone for obturating curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Endod.* 2001;91:89-94.

¹⁰² Allison DA, Weber CR, Walton RE. The influence of the method of canal preparation on the quality of apical and coronal obturation. *J Endod.* 1979;5:298-304.

¹⁰³ Baumgardner KR, Taylor J, Walton R. Canal adaptation and coronal leakage: lateral condensation compared to Thermafil. *J Am Dent Assoc.* 1995;126:351-6.

¹⁰⁴ Ingle JI. A standardized endodontic technique utilizing newly designed instruments and filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1961;14:83-91.

redonda, principalmente en conductos curvos^{105,106,107}. Además, se necesitan cantidades sustanciales de sellador para rellenar las grietas del conducto radicular y eso daría como resultado mayor filtración¹⁰⁸. No obstante, actualmente con la introducción de nuevas técnicas de preparación rotatoria y nuevos materiales para el sellado radicular, esa técnica es nuevamente preconizada como una alternativa para la obturación de conductos en el tratamiento endodóntico^{109,110,111}.

2.2.3. SELLADOR COMO RELLENO ÚNICO

Desde cualquier punto de vista la obturación de todo el conducto radicular mediante inyección o bombeo del material o a través de movimientos espirales es muy atractiva. No obstante, algunos problemas como la presencia de huecos¹¹², extrusión del material, o la falta de condensación pueden ser identificados.

Actualmente, este método de obturación está siendo indicado por algunos fabricantes. Whitworth y Baco¹¹³ mostraron que RoekoSeal y AH Plus™, utilizados como único material de relleno, fueron tan efectivos como otros métodos tradicionales de obturación con gutapercha y sellador. Brackett y cols.¹¹⁴ encontraron que GuttaFlow®, usado como único material de relleno, podía ser una alternativa eficaz para el sellado del conducto radicular.

2.3. FILTRACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES

El proceso de microfiltración consiste en el paso de fluidos, bacterias y sustancias a través del relleno radicular. Es consecuencia de la presencia de espacios vacíos en el seno de los materiales de sellado y/o en las interfases entre ellos o con las paredes del conducto. Los espacios se originan por una adaptación deficiente de los materiales, por la solubilidad del cemento sellador, o por la contracción del relleno radicular durante la reacción de fraguado.

La calidad del **sellado apical** ha sido motivo de numerosas investigaciones por su responsabilidad en la formación de nichos de proliferación bacteriana que son fuente de irritación de los tejidos de sustentación del diente, principalmente en la región apical¹¹⁵.

La contaminación de los conductos radiculares, previamente obturados, de modo secundario a fracasos de la restauración recibió una atención seria a mediados de los años 80. Numerosos estudios^{116,117,118} examinaron este fenómeno, identificando muchas fuentes de posible contaminación y enfatizando el papel del clínico en la prevención de la filtración coronal. Las enfermedades pulpares y perirradiculares se desarrollan cuando los microorganismos o sus productos metabólicos contaminan estos tejidos¹¹⁹.

Diferentes estudios epidemiológicos han evaluado la importancia del **sellado coronal** y sugieren que la calidad de la restauración coronal puede ejercer, realmente, una influencia en el resultado del tratamiento endodóntico. Ray y Trope¹²⁰ encontraron que la calidad de la restauración coronal tiene mayor importancia para el estado perirradicular

¹⁰⁵ Harty FJ, Stock CJ. The Giromatic system compared with hand instrumentation in endodontics. Br Dent J. 1974;137:239-44.

¹⁰⁶ Jungmann CL, Uchin RA, Bucher JF. Effect of instrumentation on the shape of the root canal. J Endod. 1975;1:66-9.

¹⁰⁷ Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1971;32:271-5.

¹⁰⁸ Beatty RG. The effect of standard or serial preparation on single cone obturation. Int Endod J. 1987;20:276-81.

¹⁰⁹ Wu MK, van der Sluis LW, Wesselink PR. A 1-year follow-up study on leakage of single-cone fillings with RoekoRSA sealer. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2006;101:662-7.

¹¹⁰ Wu MK, van der Sluis LW, Ardila CN, Wesselink PR. Fluid movement along the coronal two-thirds of root fillings placed by three different gutta-percha techniques. Int Endod J. 2003;36:533-40.

¹¹¹ Gordon MP, Love RM, Chandler NP. An evaluation of .06 tapered gutta-percha cones for filling of .06 taper prepared curved root canals. Int Endod J. 2005;38:87-96.

¹¹² Elayouti A, Achleither C, Löst C, Weiger R. Homogeneity and adaptation of a new gutta-percha paste to root canal walls. Int Endod J. 2005;31:687-690.

¹¹³ Whitworth JM, Baco L. Coronal leakage of sealer-only backfill: an *in vitro* evaluation. J Endod. 2005;31:280-2.

¹¹⁴ Brackett MG, Martin R, Sword J, Oxford C, Rueggeberg FA, Tay FR, et al. Comparison of seal after obturation techniques using a polydimethylsiloxane-based root canal sealer. J Endod. 2006;32:1188-90.

¹¹⁵ Pitt Ford TR, Rowe AH. A new root canal sealer based on calcium hydroxide. J Endod. 1989;15:286-9.

¹¹⁶ Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. *In vitro* bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. J Endod. 1990;16:566-9.

¹¹⁷ Taylor JK, Jeansonne BG, Lemon RR. Coronal Leakage: Effects of smear layer, obturation technique, and sealer. J Endod. 1997;23:508-12.

¹¹⁸ Madison S, Swanson K, Chiles SA. An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part II. Sealer types. J Endod. 1987;13:109-12.

¹¹⁹ Gale MS. Coronal microleakage. Ann R Austral Coll Dent Surg. 2000;15:299-305.

¹²⁰ Ray HA, Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. Int Endod J. 1995;28:12-8.

que la calidad del tratamiento endodóntico. Otros investigadores^{121,122,123} también han mostrado una correlación entre la calidad de la restauración coronal y el estado perirradicular de dientes endodonciados. Sin embargo, Hommez y cols.¹²⁴ no encontraron relación entre la calidad de la restauración coronal (valor clínico y radiográfico) o la calidad del tratamiento endodóntico con el estado perirradicular de dientes endodonciados; y Ricucci y cols.¹²⁵ tampoco encontraron correlación entre el estado perirradicular de dientes endodonciados y la exposición del relleno radicular, por pérdida de la restauración coronal o por la existencia de caries secundaria, a la microbiota oral. En este sentido, Siqueira y cols.¹²⁶ en un estudio epidemiológico, realizado en una muestra de 2.051 dientes endodonciados, concluyeron que, además de la calidad de la restauración, la calidad de relleno del conducto radicular demostró ser el factor más crítico y significativo para la salud perirradicular.

Muchos son los métodos utilizados para evaluar la calidad de sellado de los conductos radiculares obturados, entre los que se encuentran: penetración de un colorante mediante sección longitudinal¹²⁷ o transversal, diafanización¹²⁸, extracción del tinte, observación al microscopio electrónico de barrido^{129,130,131,132}, penetración de bacterias, método de filtración de fluidos^{133,134,135}.

Los métodos de valoración de la penetración del tinte utilizan diferentes colorantes como el azul de metileno, la tinta china o la fucsina básica a diferentes porcentajes y en diferentes periodos de inmersión. Wu y Wesselink¹³⁶ en una extensa revisión de la literatura, valorando las metodologías empleadas para determinar la filtración apical y coronal, concluyeron que había una diversidad muy grande en las metodologías empleadas y en los resultados obtenidos. Sus recomendaciones para mejorar las variaciones metodológicas hacen referencia a un mayor control en la longitud de trabajo y en el conocimiento de anatomía de los conductos radiculares, el pH de la solución de identificación y el uso de soluciones de identificación (colorantes) con el menor peso molecular posible.

Respecto a los trabajos que evalúan la calidad del sellado de conductos radiculares con diferentes tipos de cementos selladores y/o distintas técnicas de obturación se debe tener en cuenta que sus resultados no pueden ser tomados como valores absolutos. Se trata de datos cuantitativos que permiten verificar comparaciones de la capacidad de sellado entre materiales o técnicas distintas, pero siempre para un mismo método. La revisión de la literatura, para los dos cementos evaluados en esta tesis doctoral, AH PlusTM y GuttaFlow®, muestra distintos resultados y conclusiones en función de las distintas metodologías utilizadas.

¹²¹ Dugas NN, Lawrence HP, Teplitsky PE, Pharoah MJ, Friedman S. Periapical health and treatment quality assessment of root-filled teeth in two Canadian populations. *Int Endod J.* 2003;36:181-92.

¹²² Kirkevang LL, Orstavik D, Horsted-Bindslev P, Wenzel A. Periapical status and quality of root fillings and coronal restorations in a Danish population. *Int Endod J.* 2000;33:509-15.

¹²³ Sidaravicius B, Aleksejuniene J, Eriksen HM. Endodontic treatment and prevalence of apical periodontitis in an adult population of Vilnius, Lithuania. *Endod Dent Traumatol.* 1999;15:210-215.

¹²⁴ Hommez GM, Coppens CR, De Moor RJ. Periapical health related to the quality of coronal restorations and root fillings. *Int Endod J.* 2002;35:680-9.

¹²⁵ Ricucci D, Grondahl K, Bergenholtz G. Periapical status of root-filled teeth exposed to the oral environment by loss of restoration or caries. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2000;90:354-9.

¹²⁶ Siqueira JF Jr, Roças IN, Alves FR, Campos LC. Periradicular status related to the quality of coronal restorations and root canal fillings in a Brazilian population. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005;100:369-74.

¹²⁷ De Moor RJ, De Bruyne MA. The long-term sealing ability of AH 26 and AH Plus used with three gutta-percha obturation techniques. *Quintessence Int.* 2004;35:326-31.

¹²⁸ Tagger M, Tamse A, Katz A, Tagger E. An improved method of three-dimensional study of apical leakage. *Quintessence Int.* 1983;14:981-98.

¹²⁹ Economides N, Liolios E, Kolokuris I, Beltes P. Long term evaluation of the influence of smear layer removal on the sealing ability of different sealers. *J Endod.* 1999;25:123-5.

¹³⁰ Goya C, Yamazaki R, Tomita Y, Kimura Y, Matsumoto K. Effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation on smear layer at the apical stop and apical leakage after obturation. *Int Endod J.* 2000;33:266-71.

¹³¹ Mannocci F, Ferrari M. Apical seal of roots obturated with laterally condensed gutta-percha, epoxy resin cement and dentin bonding agent. *J Endod.* 1998;24:41-4.

¹³² Timpawat S, Sripanaratanakul S. Apical sealing ability of glass ionomer sealer with and without smear layer. *J Endod.* 1998;24:343-5.

¹³³ Cobankara FK, Adanir N, Belli S, Pashley DH. A quantitative evaluation of apical leakage of four root-canal sealers. *Int Endod J.* 2002;35:979-84.

¹³⁴ Ingle JI, Newton CW, West JD, Gutmann JL, Glickman GN, Korzon BH, *et al.* Obturación del espacio radicular. En: Ingle JI, Bakland LK, editores. *Endodoncia*. 5ª ed. Mexico: McGrawHill Interamericana; 2004. p. 581-680.

¹³⁵ Timpawat S, Vongsavan N, Messer H. Effect of removal of the smear layer on apical microleakage. *J Endod.* 2001;27:351-3.

¹³⁶ Wu MK, Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I: Methodology, application and relevance. *Int Endod J.* 1993;26:37-43.

2.3.1. FILTRACIÓN APICAL

Miletić y cols.¹³⁷ al comparar la capacidad de sellado de distintos cemento endodónticos (AH 26®, AH Plus™, Apexit®, Diaket™ y Ketac™-Endo), con el método de transporte fluido, no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los selladores tras dos semanas de almacenaje. No obstante, transcurrido un año, el sellador Apexit® mostró filtración apical significativamente mayor que AH Plus™ y Ketac™-Endo¹³⁸.

En el estudio de Almeida y cols.¹³⁹ se comparó la capacidad de sellado apical, mediante penetración de colorante, del cemento AH Plus™ con la de Ketac™-Endo y Fill Canal, utilizados todos con técnica de condensación lateral. Los valores más bajos de filtración fueron obtenidos por el sellador AH Plus™.

Cobankara y cols.¹⁴⁰, utilizando el método de filtración fluida para evaluar la capacidad de sellado apical de AH Plus™, RoekoSeal, Ketac™-Endo y Sultan, a los 7, 14 y 21 días; encontraron que RoekoSeal con técnica de condensación lateral, presentó los mejores resultados, aunque las diferencias no fueron significativas cuando se comparó con AH Plus™ y Ketac™-Endo a los 21 días de evaluación. El sellador Sultan mostró los valores de filtración más altos en todos los períodos de tiempo estudiados.

En un estudio realizado por Kardon y cols.¹⁴¹, al comparar la capacidad de sellado de EndoREZ®, con técnica de cono único, y AH Plus™, con técnicas de cono único y System B, encontraron que el sellador AH Plus™ obtuvo mejores resultados que EndoREZ®; no existiendo diferencias estadísticamente significativas en los resultados obtenidos con el sellador AH Plus™ con ambas técnicas de obturación. Estos resultados han sido corroborados por Sevimay y Kalayci¹⁴², quienes valoraron la adaptación y capacidad de sellado apical de estos selladores, demostrando que el sellador AH Plus™ presentaba mejor capacidad de sellado apical y adaptación a la dentina del conducto radicular que el sellador EndoREZ®.

Xu y cols.¹⁴³, utilizando el método de penetración de glucosa para evaluar la filtración de conductos radiculares, compararon la capacidad de sellado de Pulp Canal Sealer, Sealapex y AH Plus™, usados con técnica de condensación lateral, a 1, 2, 4, 7, 10, 15, 20 y 30 días. En sus resultados observaron que hasta los 7 días no hubo diferencias significativas entre los selladores, pero, a partir de los 10 días, Pulp Canal Sealer mostró mayor filtración apical; sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre Sealapex y AH Plus™.

En un estudio posterior, Cobankara y cols.¹⁴⁴ evaluaron la capacidad de sellado apical de diferentes cementos selladores (AH Plus™, RCSealer, Rocanal™ 2 y Sealapex) con el método de fluida filtración. Estos autores encontraron que todos los selladores evaluados presentaban una disminución de la filtración apical de los siete a los catorce días; y que el sellador basado en hidróxido de calcio, Sealapex, obtuvo los valores más bajos de filtración apical, mientras que AH Plus™, RC Sealer y Rocanal™ 2 mostraron resultados similares.

Recientemente, Wang y cols.¹⁴⁵ han comparado la coherencia de estudios de filtración apical. En su trabajo valoraron la capacidad de sellado de AH Plus™, Cortisomol y óxido de zinc y eugenol con las técnicas de diafanización y disolución del tinte. El sellador AH Plus™ mostró los mejores resultados, aunque sus resultados no difirieron significativamente de los resultados de los otros dos selladores.

¹³⁷ Miletić I, Anić I, Pezelj-Ribarić S, Jukić S. Leakage of five root canal sealers. *Int Endod J.* 1999;32:415-8.

¹³⁸ Miletić I, Ribarić SP, Karlović Z, Jukić S, Bosnjak A, Anić I. Apical leakage of five root canal sealers after one year of storage. *J Endod.* 2002;28:431-2.

¹³⁹ De Almeida WA, Leonardo MR, Tonomaru Filho M, Silva LA. Evaluation of apical sealing of three endodontic sealers. *Int Endod J.* 2000;33:25-7.

¹⁴⁰ Cobankara FK, Adanir N, Belli S, Pashley DH. A quantitative evaluation of apical leakage of four root-canal sealers. *Int Endod J.* 2002;35:979-84.

¹⁴¹ Kardon BP, Kuttler S, Hardigan P, Dorn SO. An *in vitro* evaluation of the sealing ability of a new root-canal-obturation system. *J Endod.* 2003;29:658-61.

¹⁴² Sevimay S, Kalayci A. Evaluation of apical sealing ability and adaptation to dentine of two resin-based sealers. *J Oral Rehabil.* 2005;32:105-10.

¹⁴³ Xu Q, Fan MW, Fan B, Cheung GS, Hu HL. A new quantitative method using glucose for analysis of endodontic leakage. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005;99:107-11.

¹⁴⁴ Cobankara FK, Orucoglu H, Sengun A, Belli S. The quantitative evaluation of apical sealing of four endodontic sealers. *J Endod.* 2006;32:66-8.

¹⁴⁵ Wang YQ, Liu L, Yu X, Huang YX, Su Q. Comparison of two means for evaluation of apical microleakage. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue.* 2009;18:90-3.

Monticelli y cols.¹⁴⁶, al evaluar la capacidad de sellado apical de AH Plus™, con la técnica de System B, y la de los selladores Activ GP™ y GuttaFlow®, con técnica del cono único, concluyeron que AH Plus™ fue más eficaz para evitar la filtración bacteriana.

Bouillaguet y cols.¹⁴⁷ evaluaron a largo plazo la capacidad de sellado apical de diferentes materiales: GuttaFlow®, Pulp Canal Sealer, AH Plus™ y Epiphany®, utilizando la técnica de cono único. GuttaFlow® y Epiphany® alcanzaron los mejores resultados, mientras que Pulp Canal Sealer, obtuvo los resultados más desfavorables. Además, estos autores observaron mediante microscopía electrónica que GuttaFlow® presentaba una buena adaptación a dentina y a gutapercha, pero presentaba pequeños poros en su interior.

2.3.2. FILTRACIÓN CORONAL

Brackett y cols.¹⁴⁸ compararon la capacidad de sellado de GuttaFlow®, con diferentes técnicas de obturación, y AH Plus™, con gutapercha termoplastificada (System B). Los tests de filtración se realizaron después de 1, 6 y 12 semanas usando el método de filtración fluida. Los autores encontraron que AH Plus™ presentó valores más bajos de filtración y que la técnica de sellado con GuttaFlow® influía en los resultados.

De Deus y cols.¹⁴⁹ investigaron la capacidad de sellado de AH Plus™, Pulp Canal Sealer, RoekoSeal y GuttaFlow®, empleados con técnica de condensación lateral de la gutapercha. Los selladores basados en silicona mostraron menor número de especímenes contaminados con saliva humana que AH Plus™ y Pulp Canal Sealer.

Kontakiotis y cols.¹⁵⁰, en una determinación a corto y largo plazo (3 horas, 3, 6, 12 meses) de la capacidad de sellado coronal de GuttaFlow®, con técnica del cono único, y AH26®, con condensación lateral fría y caliente de la gutapercha, encontraron que a las 3 horas y a los 6 meses los tres grupos presentaban resultados similares; pero, a partir de los 12 meses, GuttaFlow® mostraba mejor comportamiento que AH26®.

Fransen y cols.¹⁵¹ no encontraron diferencias significativas en los resultados de los test de filtración bacteriana entre los selladores AH Plus™/gutapercha, con técnica de compactación vertical caliente, Epiphany®/Resilon, con técnica de compactación vertical caliente, y Activ GP™/Glass ionomer, con técnica del cono único.

Ozok y cols.¹⁵², al estudiar la capacidad de sellado del GuttaFlow® y RoekoSeal, ambos con técnica de cono único modificada, y AH 26®, con condensación lateral fría de la gutapercha, concluyeron que GuttaFlow® presentaba los valores más altos de penetración de glucosa y AH 26® los más bajos.

Romieu y cols.¹⁵³ evaluaron la capacidad de sellado de GuttaFlow®, con técnica de cono único, y Pulp Canal Sealer, con técnicas de compactación caliente de la gutapercha y cono único, mediante un nuevo método de filtración llamado permeabilidad de gas; y demostraron que GuttaFlow® filtraba más que Pulp Canal Sealer con ambas técnicas de sellado.

En otro estudio realizado por Eldeniz y Ørstavik¹⁵⁴, también utilizando la técnica de cono único con diferentes selladores: GuttaFlow®, RCS, Epiphany®, EndoREZ®, Acroseal, Apexit®, AH Plus™ y RoekoSeal, concluyeron

¹⁴⁶ 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.* 2007;33:310-3.

¹⁴⁷ Bouillaguet S, Shaw L, Barthelemy J, Krejci I, Wataha JC. Long-term sealing ability of Pulp Canal Sealer, AH-Plus, GuttaFlow and Epiphany. *Int Endod J.* 2008;41:219-26.

¹⁴⁸ Brackett MG, Martin R, Sword J, Oxford C, Rueggeberg FA, Tay FR, *et al.* Comparison of seal after obturation techniques using a polydimethylsiloxane-based root canal sealer. *J Endod.* 2006;32:1188-90.

¹⁴⁹ De-Deus G, Brandão MC, Fidel RA, Fidel SR. The sealing ability of GuttaFlow in oval-shaped canals: an ex vivo study using a polymicrobial leakage model. *Int Endod J.* 2007;40:794-9.

¹⁵⁰ Kontakiotis EG, Tzanetakis GN, Loizides AL. A 12-month longitudinal *in vitro* leakage study on a new silicon-based root canal filling material (GuttaFlow). *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007;103:854-9.

¹⁵¹ 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.* 2008;34:725-7.

¹⁵² Ozok AR, van der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR. Sealing ability of a new polydimethylsiloxane-based root canal filling material. *J Endod.* 2008;34:204-7.

¹⁵³ Romieu OJ, Jacquot B, Callas-Etienne S, Dutilleul PY, Levallois B, Cuisinier FJ. Gas permeability: a new quantitative method to assess endodontic leakage. *Biomed Tech (Berl).* 2008;53:181-4.

¹⁵⁴ Eldeniz AU, Ørstavik D. A laboratory assessment of coronal bacterial leakage in root canals filled with new and conventional sealers. *Int Endod J.* 2009;42:303-12.

que GuttaFlow®, junto con un primer autograbadador, Apexit® y Epiphany®, fueron mas resistentes a la filtración bacteriana, a través de la corona, que los demás selladores evaluados.

2.3.3. FILTRACIÓN APICAL Y CORONAL

De Moor y De Bruyne¹⁵⁵, valoraron la filtración apical y coronal de los selladores AH 26® y AH Plus™ con la técnica de condensación lateral, con técnica hibrida y con Thermafil. La evaluación a las veinticuatro horas, 1 semana, 2 semanas, 1 mes y 6 meses, mostró que ambos cementos selladores, cuando eran utilizados con la misma técnica de obturación, demostraban capacidad de sellado apical equiparable en todos los períodos de evaluación, y un sellado coronal semejante al mes y a los 6 meses.

Monticelli y cols.¹⁵⁶, al comparar la capacidad de sellado, mediante filtración fluida, de GuttaFlow® y de Activ GP™, ambos con técnica de cono único, y AH Plus™, con compactación caliente de la gutapercha, encontraron que la capacidad de sellado apical, en los 3mm apicales, fue similar con los tres selladores testados; sin embargo, en la capacidad de sellado coronal, AH Plus™ mostró resultados más satisfactorios.

En un estudio reciente¹⁵⁷ se ha evaluado la capacidad de sellado apical y coronal de los selladores AH Plus™, utilizado con gutapercha, y Epiphany®, empleado con Resilon, mediante el método de penetración del colorante azul de metileno. En sellado coronal, los dos materiales demostraron resultados similares, mientras que en el sellado apical, Epiphany®/ Resilon, mostró niveles más bajos de filtración.

2.4. CALIDAD RADIOGRÁFICA DE LA OBTURACIÓN

La calidad de la obturación también puede ser evaluada por la calidad radiográfica del relleno radicular¹⁵⁸. Las proyecciones radiográficas en sentido buco-lingual y mesio-distal determinan la calidad del relleno radicular, aunque es imposible asegurar con ellas la existencia de un sellado hermético del sistema de conductos radiculares¹⁵⁹.

La correlación entre calidad de la obturación del conducto radicular y lo que se observa en una radiografía desde la proyección bucal es muy pobre^{160,161}. Algunos autores confirman que las exposiciones radiográficas mesio-distales presentan mas poros e irregularidades que las radiografías buco-linguales^{162,163}, reflejando mas fielmente la calidad de la obturación.

Igualmente, se ha demostrado que cuando la apariencia radiográfica del conducto obturado es inaceptable, la probabilidad de filtración es elevada. Algunos estudios han comprobando que las obturaciones incorrectas están íntimamente relacionadas con los fracasos endodonticos^{164,165}. Además, aún cuando el relleno radicular es

¹⁵⁵ De Moor RJ, De Bruyne MA. The long-term sealing ability of AH 26 and AH plus used with three gutta-percha obturation techniques. Quintessence Int. 2004;35:326-31.

¹⁵⁶ Monticelli F, Sword J, Martin RL, Schuster GS, Weller RN, Ferrari M, et al. Sealing properties of two contemporary single-cone obturation systems. Int Endod J. 2007;40:374-85.

¹⁵⁷ Oddoni PG, Mello I, Coil JM, Antoniazzi JH. Coronal and apical leakage analysis of two different root canal obturation systems. Braz Oral Res. 2008;22:211-5.

¹⁵⁸ Al-Dewani N, Hayes SJ, Dummer PM. Comparison of laterally condensed and low-temperature thermoplasticized gutta-percha root fillings. J Endod. 2000;26:733-38

¹⁵⁹ Canalda Sahli C. Obturación de los conductos radiculares. En: Canalda Sahli C, Brau Aguadé E, editores. Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas. 2ªed. Barcelona: Masson; 2006. p. 209-37.

¹⁶⁰ Ebert J, Pawlick H, Petschelt A. Relation between dye penetration and radiographic assessment of root canal fillings *in vitro*. Int Endod J. 1996;29:198.

¹⁶¹ Kersten HW, Wesslink PR, Thoden van Velzen SK. The diagnostic reliability of the buccal radiography after root canal filling. Int Endod J. 1987;20:20-4.

¹⁶² Gilhooly RM, Hayes SJ, Bryant ST, Dummer PM. Comparison of lateral condensation and thermomechanically compacted warm alpha-phase gutta-percha with a single cone for obturating curved root canals. Oral Surg Oral Med Oral Radiol Endod. 2001; 91:89-94.

¹⁶³ Gutmann JL, Saunders WP, Saunders EM, Nguyen L. An assessment of the plastic Thermafil obturation technique. Part 1. Radiographic evaluation of adaptation and placement. Int Endod J. 1993;26:173-8.

¹⁶⁴ Grossman LI, Shepard LI, Pearson LA. Roentgenologic and clinical evaluation of endodontically treated teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1964;17:368-73.

¹⁶⁵ Ingle J I. A standardized endodontic technique utilizing newly designed instruments and filling materials. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1961;14:83-91.

radiográficamente aceptable, la probabilidad de filtración sigue siendo elevada y el fracaso supera el 14% de los casos^{166,167}.

Algunos autores han comparado la calidad radiográfica de diferentes materiales de relleno y técnicas de sellado. Además, algunos de ellos, han correlacionados estos resultados con los encontrados en los tests de capacidad de sellado. Según Ebert y cols.¹⁶⁸, no existe esta correlación entre la calidad radiográfica de la obturación radicular y la penetración de colorantes.

Al-Dewani y cols.¹⁶⁹ han puesto de manifiesto que los conductos radiculares obturados con el sellador Tubli Seal™, con técnica de condensación lateral, presentan mejor calidad radiográfica que con gutapercha termoplastificada a baja temperatura (Ultrafil). Además exponen que, a pesar de mostrar la peor calidad radiográfica, los conductos obturados con Ultrafil fueron los que presentaron mejor capacidad de sellado. Gilhooly y cols.¹⁷⁰, utilizando el mismo sellador Tubli Seal™, verificaron que con la técnica de condensación lateral de la gutapercha, la calidad radiográfica era mejor que la obtenida con la técnica de compactación termomecánica de la gutapercha alfa-fase (Alphaseal); no encontrando diferencias significativas en la filtración apical y coronal.

Da Silva y cols.¹⁷¹ compararon radiográficamente la presencia de huecos en dientes obturados con el sellador AH Plus™ asociado a tres técnicas de sellado: condensación lateral de la gutapercha, Thermafil y backfilling/Thermafil. En el grupo obturado con Thermafil, no encontraron huecos en el interior del material de relleno, mientras en los demás grupos del estudio, encontraron pequeñas áreas radiolúcidas, principalmente en el tercio medio radicular.

Herbert y cols.¹⁷² evaluaron la calidad apical y adaptación de tres selladores, GuttaFlow®, Resilon y EndoREZ® y no encontraron diferencias significativas en cuanto a la calidad radiográfica entre los selladores testados. En la evaluación microscópica en secciones horizontales de los especímenes, Resilon mostró una mejor adaptación a los conos, pero no hubo diferencias significativas en cuanto a la adaptación a las paredes del conducto radicular y la presencia de poros en el interior del sellador, entre los tres selladores.

Recientemente, Wu y cols.¹⁷³ han evaluado la calidad de las obturaciones realizadas con las técnicas de cono único (AH 26®, EZ-Fill® y Endometasone) y condensación lateral de la gutapercha (AH 26®). Las radiografías fueron evaluadas de forma bidireccional (buco-lingual y mesio-distal) y la capacidad de sellado con el método de filtración fluida. Los autores encontraron que las raíces obturadas con Endometasone/cono único presentaban más poros radiolúcidos que los demás grupos.

2.5. EXTRUSIÓN DEL MATERIAL DE OBTURACIÓN

El nivel apical de la obturación debe coincidir con el nivel de la preparación del conducto. Para la mayoría de los autores, la extensión de la obturación debe llegar hasta la constricción apical. Los primeros estudios identificaron la unión cementodentaria como límite apical de la obturación. Sin embargo, este límite histológico no se puede determinar en clínica, y se ha demostrado que ocupa una posición variable dentro del conducto. La unión

¹⁶⁶ Kersten HW, Wesselink PR, Thoden van Velzen SK. The diagnostic reliability of the buccal radiography after root canal filling. *Int Endod J.* 1987;20:20-4.

¹⁶⁷ Buckley M, Spangberg L. The prevalence and technical quality of endodontic treatment in an American subpopulation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995;79:92-100.

¹⁶⁸ Ebert J, Pawlick H, Petschelt A. Relation between dye penetration and radiographic assessment of root canal fillings *in vitro*. *Int Endod J.* 1996;29:198.

¹⁶⁹ Al-Dewani N, Hayes SJ, Dummer PM. Comparison of laterally condensed and low-temperature thermoplasticized gutta-percha root fillings. *J Endod.* 2000;26:733-8.

¹⁷⁰ Gilhooly RM, Hayes SJ, Bryant ST, Dummer PM. Comparison of lateral condensation and thermomechanically compacted warm alpha-phase gutta-percha with a single cone for obturating curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001;91:89-94.

¹⁷¹ Da Silva D, Endal U, Reynaud A, Portenier I, Orstavik D, Haapasalo M. A comparative study of lateral condensation, heat-softened gutta-percha, and a modified master cone heat-softened backfilling technique. *Int Endod J.* 2002;35:1005-11.

¹⁷² Herbert J, Bruder M, Braunsteiner J, Altenburger MJ, Wrbas KT. Apical quality and adaptation of Resilon, EndoREZ, and Guttaflow root canal fillings in combination with a noncompaction technique. *J Endod.* 2009;35:261-4.

¹⁷³ Wu MK, Bud MG, Wesselink PR. The quality of single cone and laterally compacted gutta-percha fillings in small and curved root canals as evidenced by bidirectional radiographs and fluid transport measurements. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108:946-51.

cementodentinaria puede ser diferente en la pared distal y mesial. Además, no coincide con la porción más estrecha del conducto ni con la constricción apical¹⁷⁴.

La norma de terminar la preparación a 0,5 a 1 mm del ápice radiográfico en dientes necróticos y entre 1 y 2 mm en pulpas vitales¹⁷⁵ sigue siendo utilizada por la mayoría de los clínicos. No obstante, la determinación del punto en que encuentra la constricción apical del conducto se basa en el conocimiento de la anatomía apical por parte del clínico, la sensibilidad táctil, la interpretación radiográfica, los localizadores de ápice, la presencia de hemorragia apical y la respuesta del paciente.

De acuerdo con principios biológicos y clínicos, la instrumentación y la obturación no debe extenderse más allá del foramen apical. Un estudio histológico en 41 dientes endodonciados¹⁷⁶, mostró que el mejor resultado se consigue limitando el tratamiento endodóntico a la constricción apical, con independencia del diagnóstico pulpar y periapical inicial. El peor resultado se obtuvo instrumentando y obturando más allá del ápice radiográfico, como se pudo observar en seis casos con sobreextensión del material de obturación, en los cuales existió inflamación intensa.

En todos los casos los materiales utilizados en la obturación del conducto radicular deben mantenerse confinados en su interior. Es conocido que la sobreextensión de los materiales de obturación produce una irritación permanente que puede impedir o dificultar la reparación biológica de los tejidos perirradiculares afectados¹⁷⁷.

Buckley y Spangberg¹⁷⁸, al evaluar la calidad de tratamientos endodónticos, encontraron presencia de patología periapical en un 43% de los dientes con extensión del material de obturación. Otro estudio¹⁷⁹ sobre 1000 casos tratados endodónticamente, sugieren que una menor tasa de éxito está asociado a la sobreextensión del material de obturación, conductos con rarefacción preexistente y dientes incorrectamente rehabilitados después de la finalización de la terapia del conducto radicular.

Los estudios que han evaluado la extrusión del material de relleno a través del ápice radicular ponen de manifiesto que la técnica de introducción del sellador en el conducto radicular y/o el material de relleno usado influyen en los resultados encontrados. Además, el sellador puede mostrar un grado variable de penetración en las irregularidades del conducto y a través del ápice radicular, que varía en función de sus características físicas y químicas¹⁸⁰.

Schafer y Olthoff⁸¹, evaluaron la extrusión del material de relleno en conductos radiculares rectos y curvos, usando las técnicas de condensación lateral y Thermafil, con los selladores RoekoSeal, AH Plus™, AH 26®. Los autores encontraron que la incidencia de extrusión del material de relleno fue significativamente menor en los especímenes obturados con compactación lateral, que en aquellos obturados con Thermafil. Entre los selladores no encontraron diferencias significativas. En concordancia con estos resultados, Da Silva y cols.¹⁸² evaluaron la extrusión de gutapercha y AH Plus™ con tres técnicas de sellado: condensación lateral de la gutapercha, Thermafil y backfilling/Thermafil. La técnica con Thermafil fue la menos eficaz para impedir la extrusión del material de relleno. Con las técnicas de condensación lateral y backfilling no hubo extrusión de la gutapercha. Sin embargo, en un estudio realizado por Abarca y cols.¹⁸³ no se encontraron diferencias significativas en la extrusión del sellador Topseal®, con las técnicas Thermafil y condensación lateral de la gutapercha.

¹⁷⁴ Nguyen TN. Obturation of the root canal system. En: Cohen S, Burns RC, editores. Pathways of the pulp. St. Louis: CV Mosby; 1994. p. 219-71.

¹⁷⁵ Kerekes K, Tronstad L. Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. J Endod. 1979;5:83-90.

¹⁷⁶ Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. Int Endod J. 1998;31:394-409.

¹⁷⁷ Canalda Sahli C. Obturación de los conductos radiculares. En: Canalda Sahli C, Brau Aguadé E, editores. Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas. 2ªed. Barcelona: Masson; 2006. p. 209-37.

¹⁷⁸ Buckley M, Spangberg L. The prevalence and technical quality of endodontic treatment in an American subpopulation. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1995;79:92-100.

¹⁷⁹ Swartz DB, Skidmore AE, Griffin JA. Twenty years of endodontic success and failure. J Endod. 1983;9:198-202.

¹⁸⁰ Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Graeff MS, del Carpio Perochena A, Vivan RR, Camargo EJ, et al. Depth and percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal obturation using a lateral compaction technique: a confocal laser scanning microscopy study. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2009;108:450-7.

¹⁸¹ Schäfer E, Olthoff G. Effect of three different sealers on the sealing ability of both thermafil obturators and cold laterally compacted Gutta-Percha. J Endod. 2002;28:638-42.

¹⁸² Da Silva D, Endal U, Reynaud A, Portenier I, Orstavik D, Haapasalo M. A comparative study of lateral condensation, heat-softened gutta-percha, and a modified master cone heat-softened backfilling technique. Int Endod J. 2002;35:1005-11.

¹⁸³ Abarca AM, Bustos A, Navia M. A comparison of apical sealing and extrusion between Thermafil and lateral condensation techniques. J Endod. 2001;27:670-2.

En otro estudio realizado por Gilhooly y cols.¹⁸⁴, la mayor extrusión del sellador Tubli Seal™ se observó cuando se utilizó con la técnica de cono único y con compactación termomecánica de la gutapercha, comparadas con la técnica de condensación lateral. Al-Dewani y cols.¹⁸⁵, utilizando el mismo sellador Tubli Seal™, con las técnicas de condensación lateral de la gutapercha y gutapercha termoplastificada a baja temperatura Ultrafil, observaron que con el sistema Ultrafil hubo una mayor extrusión tanto del sellador como de la gutapercha.

Zielinski y cols.¹⁸⁶ mostraron que el flujo de GuttaFlow®, con técnica de cono único, fue significativamente mejor en los 2 mm apicales que el obtenido con el sellador Roth 801®, con técnica de compactación vertical caliente de la gutapercha. En su estudio, todos los especímenes obturados con GuttaFlow® presentaban extrusión del material sellador.

¹⁸⁴ Gilhooly RM, Hayes SJ, Bryant ST, Dummer PM. Comparison of lateral condensation and thermomechanically compacted warm alpha-phase gutta-percha with a single cone for obturating curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001;91:89-94.

¹⁸⁵ Al-Dewani N, Hayes SJ, Dummer PM. Comparison of laterally condensed and low-temperature thermoplasticized gutta-percha root fillings. *J Endod.* 2000;26:733-8.

¹⁸⁶ Zielinski TM, Baumgartner JC, Marshall JG. An evaluation of Guttaflow and gutta-percha in the filling of lateral grooves and depressions. *J Endod.* 2008;34:295-8.



Capítulo MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. MATERIAL

Tabla 3. Materiales y fabricantes.

| | MATERIAL [FABRICANTE] |
|---|--|
| Muestra | - 320 dientes humanos extraídos, unirradiculares, con un solo conducto y ápice maduro. |
| Preparación y conservación de la muestra | - Curetas periodontales Gracey nº 5/6 (HF S65) [Hu-Friedy Mfg. Co., Inc. Rudolf-Diesel-Straße 8. D-69181 Leimen, Germany]. - Solución de timol al 1% [Fórmula magistral]. - Estufa [Selecta, España]. - Máquina de corte Accutom [Struers A/S. Pederstrupvej 84', 2750 Ballerup, Denmark]. - Discos de corte de 12,7mm de diámetro y 0,4 mm de espesor [Struers A/S. Pederstrupvej 84', 2750 Ballerup, Denmark]. |
| Instrumentación de los conductos | - Limas K® de 25mm de longitud. Números: 10-55 [Maillefer Instruments. Ch. Du Verger 3, CH-1338 Ballaigues, Switzerland]. - Fresas Gates Glidden®. Números 2, 3, 4 [Maillefer Instruments. Ch. Du Verger 3, CH-1338 Ballaigues, Switzerland]. - Caja de Endodoncia Split-Kit [Maillefer Instruments. Ch. Du Verger 3, CH-1338 Ballaigues, Switzerland]. - Regla de Endodoncia Endo-M-Bloc® [Maillefer Instruments. Ch. Du Verger 3, CH-1338 Ballaigues, Switzerland]. - Dispensador de topes de silicona [Maillefer Instruments. Ch. Du Verger 3, CH-1338 Ballaigues, Switzerland]. - Micromotor Super Torque 640 [Kavo Dental. Germany]. |
| Irrigación de los conductos | - Hipoclorito de sodio al 2,5% [Fórmula magistral]. - Ácido cítrico al 25% [Fórmula magistral]. - Aguja endodóntica de calibre 27 [Monoject, Sherwood Medical. St. Louis, MO. USA]. |

Tabla 3. Materiales y fabricantes [continuación].

| | MATERIAL [FABRICANTE] |
|------------------------------------|---|
| Obturación de los conductos | <ul style="list-style-type: none"> - AH Plus™ [Dentsply, DeTrey, GmbH, Konstanz, Germany]. - GuttaFlow® [Coltene, Whaledent, Germany]. - Conos de gutapercha [Roeko, Germany]. - Conos de papel absorbente [Roeko, Germany]. - Léntulo [Kerr, Switzerland]. - Espaciador digital [Maillefer Instruments, Switzerland]. - Vibrador amalgama [Kavo Dental, Germany]. - Pistola de inyección [Coltene, Whaledent, Germany]. - Instrumento de corte [GP heater, Maillefer, Ballaigues, Switzerland]. - Condensador Matchou nº 4 [Dentsply Maillefer Instruments Switzerland]. |
| Material diverso | <ul style="list-style-type: none"> - Azul de metileno al 2% [Fórmula magistral]. - IRM® [Dentsply, DeTrey, Germany]. - Cianocrilato [Loctite Super Glue-3, España]. - Barniz de uñas [Lóreal, France]. - Cámara digital [Pentax Optio X, China]. - Papel abrasivo [Hermes, P. 1000]. - Balanza digital [AND HM-202, Japan]. - Agua destilada. |
| Material radiográfico | <ul style="list-style-type: none"> - Película radiográfica [Kodak Insight Periapical, Francia]. - Aparato de RX [Elitys, Trofhy, France]. - Reveladora automática [Durr Dental, AC 245L, Alemania]. |
| Soporte informático | <ul style="list-style-type: none"> - Ordenador Intel Pentium IV, 512MB [Acer, China]. - Programa estadístico SPSS/PC, versión 15.0. [SPSS Inc. Chicago, IL, USA]. - Programa edición de imagen Adobe® PhotoShop® CS2 [Adobe Systems Ibérica. Barcelona, España]. |
| Microscopia | <ul style="list-style-type: none"> - Estereomicroscopio [SZ-PT Olympus, Japan]. - Cámara digital [Olympus C5050, Japan]. |

3.2 MÉTODOS

3.2.1. SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Para este estudio se seleccionaron 320 dientes humanos unirradiculares, recientemente extraídos, libres de caries, con el ápice maduro y con un único conducto. Los dientes fueron cedidos por los pacientes después de ser informados del uso que iban a recibir y firmar un permiso para su utilización.

Tras un raspado superficial con curetas periodontales Gracey nº 5/6 (HF-S65), para eliminar restos de sarro, periodonto o sangre, los especímenes fueron conservados en solución de timol al 1%, a temperatura ambiente, hasta completar la muestra. Antes de ser utilizados, los dientes fueron lavados en agua corriente con el objetivo de eliminar los residuos de esta sustancia.

3.2.2. PREPARACIÓN DE LOS CONDUCTOS RADICULARES

Se eliminó la corona de todos los dientes, a nivel de la unión amelocementaria, con disco de diamante en una máquina de corte Accutom y abundante irrigación acuosa. La longitud radicular de los especímenes fue de 15 mm (Figura 1).

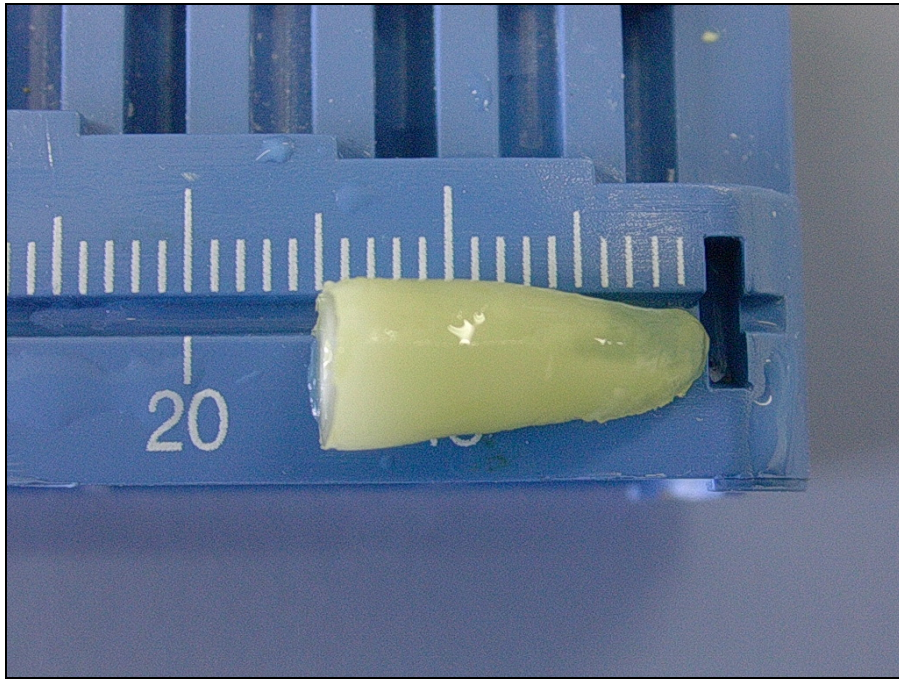


Figura 1. Longitud de los especímenes.

La longitud de trabajo se estableció restando 1 mm a la longitud obtenida tras introducir una lima K del nº 10, hasta observar su salida por el foramen apical. Los conductos radiculares fueron instrumentados con técnica crown-down por un único operador. Se utilizaron fresas Gates-Glidden para la instrumentación del tercio coronal, en una secuencia decreciente (4, 3, 2) acompañada de abundante irrigación con hipoclorito de sodio al 2,5% utilizando una aguja de irrigación de calibre 27. Los tercios medio y apical se prepararon secuencialmente hasta un diámetro apical del número 40 (Figura 2).



Figura 2. Secuencia de instrumentación.

La irrigación durante la instrumentación de los tercios medio y apical, se realizó con 3ml de hipoclorito de sodio al 2,5% y 3ml de ácido cítrico al 25%, de forma alternada, tras cada cambio de lima. Para la irrigación final se emplearon 10 ml de agua destilada.

3.2.3. OBTURACIÓN DE LOS CONDUCTOS RADICULARES

Los conductos se secaron con puntas de papel absorbente y la permeabilidad del foramen fue confirmada con una lima K del número 10. A continuación, los especímenes fueron divididos aleatoriamente en 3 grupos experimentales, de 100 raíces cada uno, de acuerdo con el periodo de tiempo de estudio (3 días, 30 días y 120 días). En cada grupo de estudio se evaluó la filtración coronal (n=50) y apical (n=50) de forma independiente. Posteriormente se realizaron 5 subgrupos (n=10) de acuerdo con la técnica de obturación y material utilizado (Figura 3):

- Grupo 1: técnica de condensación lateral de gutapercha+AH Plus™.
- Grupo 2: técnica de condensación lateral de gutapercha+GuttaFlow®.
- Grupo 3: técnica de cono único+AH Plus™.
- Grupo 4: técnica de cono único+GuttaFlow®.
- Grupo 5: GuttaFlow® como relleno único.



Figura 3. Materiales de relleno.

Las 20 raíces restantes fueron utilizadas como controles: 10 controles positivos y 10 controles negativos. La distribución de la muestra con los distintos grupos de estudio se puede observar en la Figura 4.

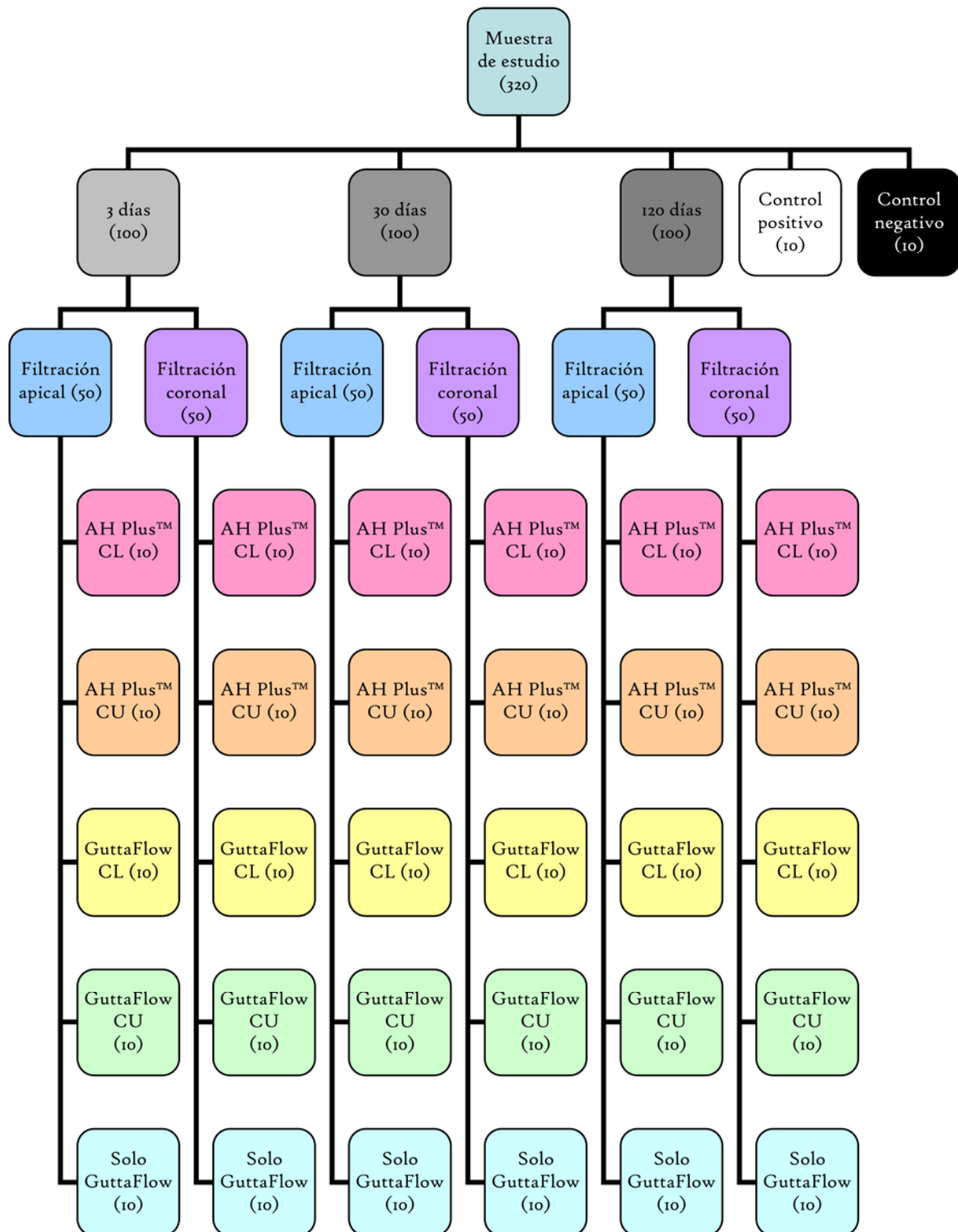


Figura 4. Distribución de la muestra en los distintos grupos de estudio.

3.2.3.1. Técnica de condensación lateral de gutapercha con AH Plus™

Se colocó a longitud de trabajo un cono maestro de gutapercha de diámetro 40 que se correspondía con la lima maestra apical. El sellador AH Plus™ fue mezclado de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Se embadurnó el cono maestro de gutapercha con el sellador, que fue distribuido con ligeros movimientos en sentido apico-coronal, tras lo cual se introdujo y adaptó a longitud de trabajo. Conos de gutapercha accesorios de diámetro 20, recubiertos con AH Plus™, fueron insertados y compactados lateralmente con un espaciador manual de calibre 25, colocado inicialmente a 1mm de la longitud de trabajo. El exceso de gutapercha y material sellador se eliminó de la porción coronal con un instrumento caliente.

3.2.3.2. Técnica de condensación lateral de gutapercha con GuttaFlow®

Un cono maestro de tamaño 40 fue previamente probado y adaptado a longitud de trabajo. La cápsula de GuttaFlow® fue vibrada durante 30 segundos para la mezcla del sellador. A continuación, el cono maestro y los conos accesorios fueron impregnados con el material antes de ser introducidos en el conducto para la compactación lateral de gutapercha, que fue realizada de de igual forma al apartado 3.2.3.1. (Figura 5).

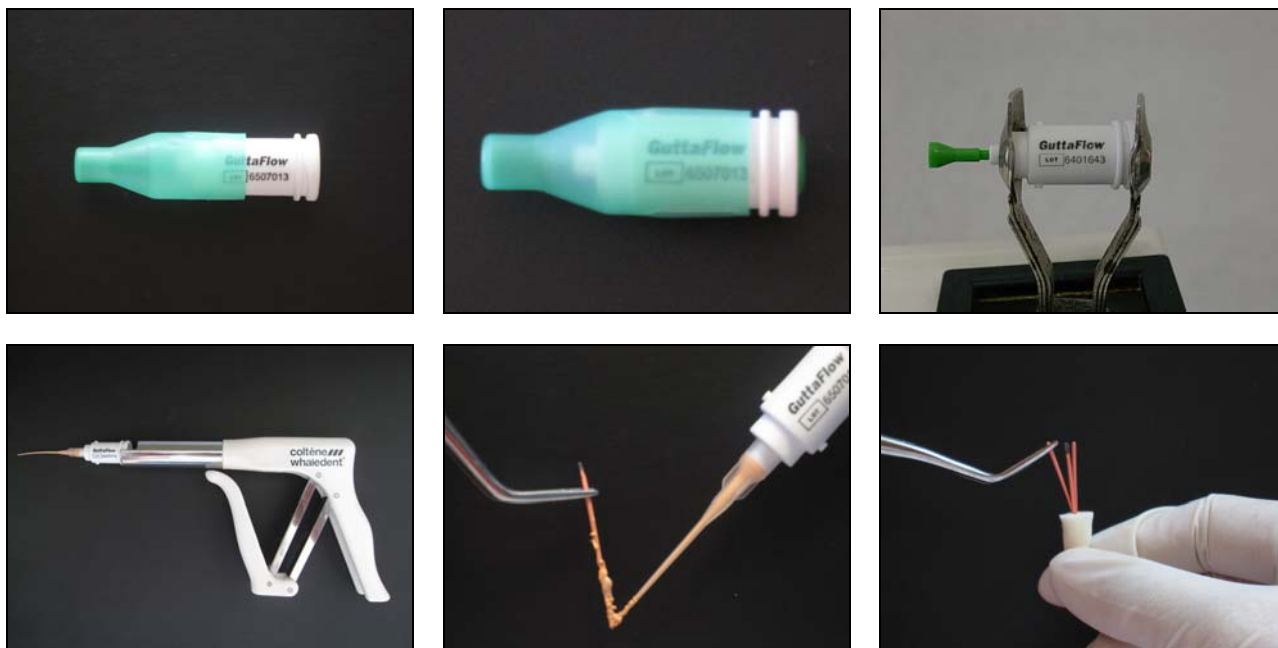


Figura 5. Condensación lateral con GuttaFlow.

3.2.3.3. Técnica de cono único con AH Plus™

El sellador AH Plus™, previamente mezclado, se colocó en el conducto con un léntulo del nº30, a baja velocidad, y a una distancia de 3-4 mm de la longitud de trabajo (Figura 6). A continuación, el cono maestro impregnado con el sellador fue introducido a longitud de trabajo. El exceso de gutapercha y material sellador se eliminó de la porción coronal con un instrumento caliente.

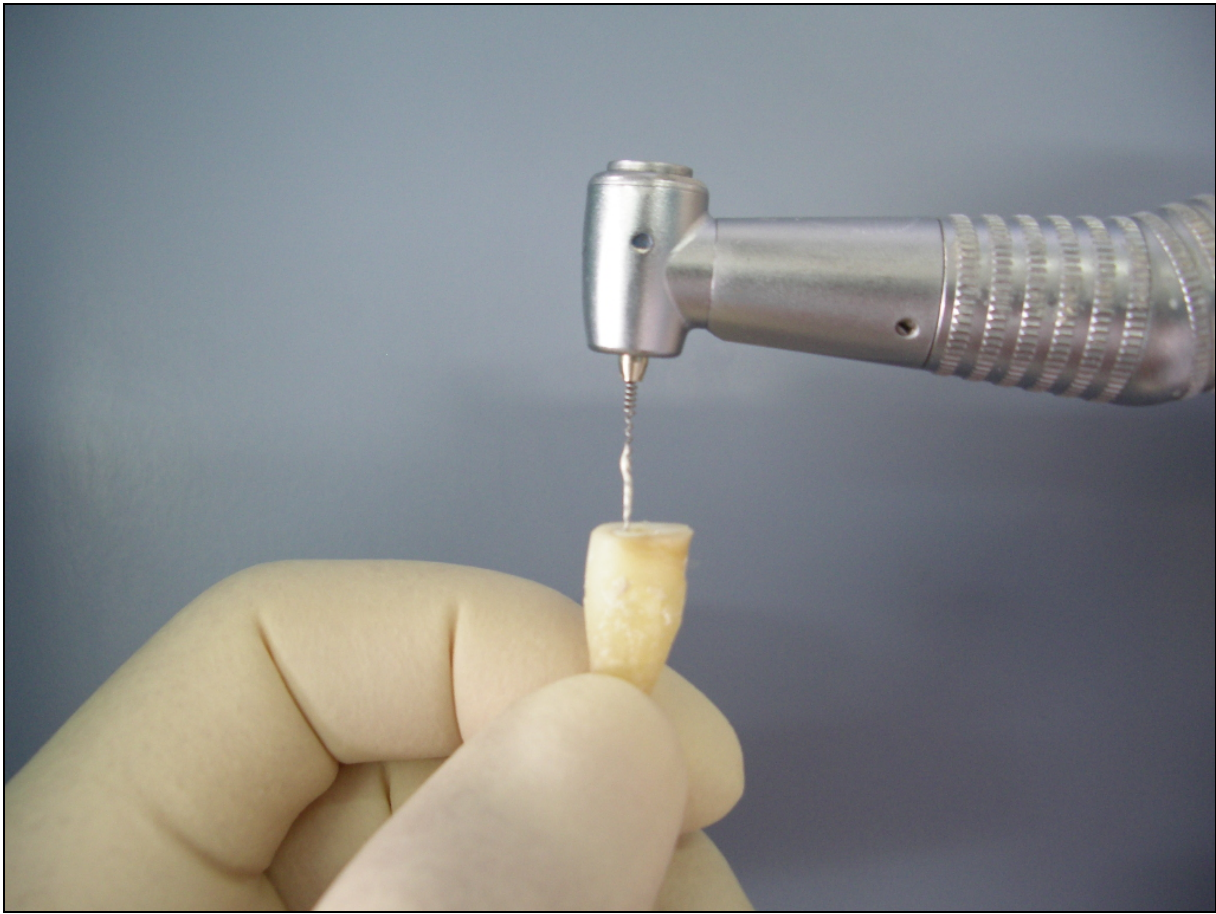


Figura 6. Introducción del AH Plus™ en el conducto radicular con léntulo.

3.2.3.4. Técnica de cono único con GuttaFlow®

GuttaFlow® fue mezclado siguiendo las instrucciones del fabricante. Se impregnó el cono maestro, previamente seleccionado, con el material para ser introducido y adaptado a la longitud de trabajo. A continuación, se introdujo la punta de la pistola en el conducto, aproximadamente, a 3mm de la longitud de trabajo, para rellenar completamente el conducto radicular con GuttaFlow®. El exceso de gutapercha y material sellador se eliminó de la porción coronal con un instrumento caliente.

3.2.3.5. GuttaFlow® como relleno único

La cápsula de GuttaFlow® fue mezclada en un vibrador de amalgama y luego acoplada a la pistola dispensadora del producto. La punta de la pistola fue introducida, aproximadamente, a 3mm de la longitud de trabajo y la boquilla dispensadora se fue retirando progresivamente en sentido coronal hasta el relleno completo del conducto radicular (Figura 7). Una lima K de diámetro 15 fue introducida a longitud de trabajo para remover el aire atrapado tras la inyección del material. El exceso del GuttaFlow® se eliminó de la superficie coronal utilizando un instrumento caliente.

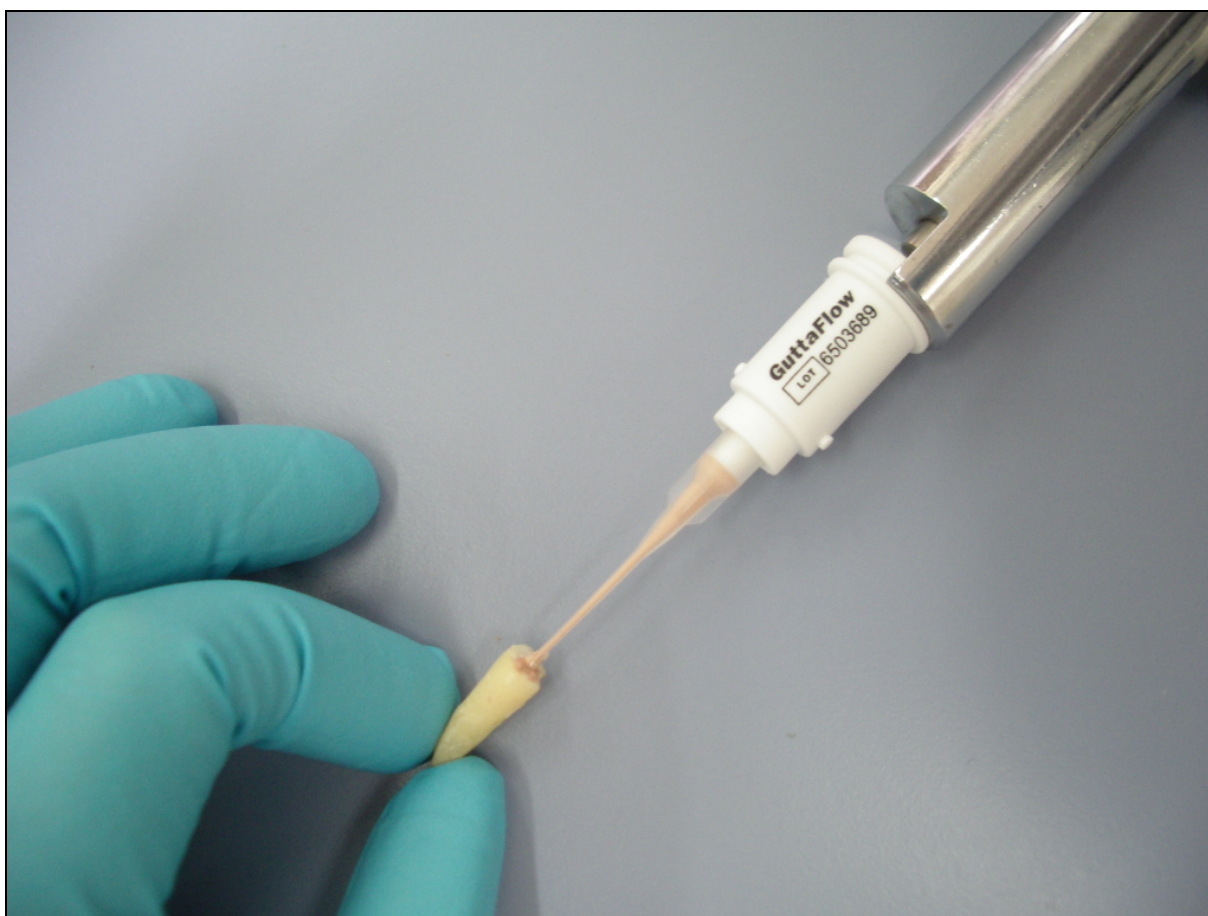


Figura 7. Introducción de GuttaFlow en el conducto radicular con pistola dispensadora.

3.2.3.6. Grupos controles

Para este estudio se utilizaron 20 dientes control, que fueron preparados de igual forma que los demás grupos de estudio. Los dientes controles negativos (n=10) fueron obturados y sellados, apical y coronalmente, con una capa de cianocrilato y dos capas de barniz de uñas en toda la superficie dentaria. Los dientes controles positivos (n=10) fueron obturados solamente con conos de gutapercha sin sellador.

3.2.4. CONTROL RADIOGRÁFICO DE LA OBTURACIÓN

Una vez realizada la obturación de los conductos y antes de procesar las muestras para evaluar la microfiltración, se realizaron dos proyecciones radiográficas en cada una de las raíces obturadas. Las proyecciones buco-lingual y mesio-distal se realizaron con un aparato de rayos X con un tiempo de exposición de 0,073s a una distancia de 8 centímetros desde el foco radiográfico. El procesamiento de las películas se realizó con una reveladora automática para uniformar los parámetros de revelado (Figuras 8 y 9).



Figura 8. Proyección vestibulo-lingual.



Figura 9. Proyección mesio-distal.

3.2.5. EXTRUSIÓN DEL MATERIAL DE OBTURACIÓN

La extrusión del material de obturación fue registrada en cada una de las muestras post relleno radicular. En todos los grupos se anotó la presencia o no de extrusión apical del material.

3.2.6. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS Y EVALUACIÓN DE LA MICROFILTRACIÓN

Los especímenes se almacenaron en ambiente húmedo, en una estufa a 37° C, durante 3 días, 30 días y 120 días. Transcurridos los distintos periodos de tiempo, las raíces se sellaron completamente con una capa de cianocrilato y dos capas de barniz de uñas, exceptuando los 2 mm apicales en las raíces utilizadas para evaluar la filtración apical y 1 mm alrededor de la superficie coronal en las raíces utilizadas para evaluar la filtración coronal (Figuras 10 y 11).

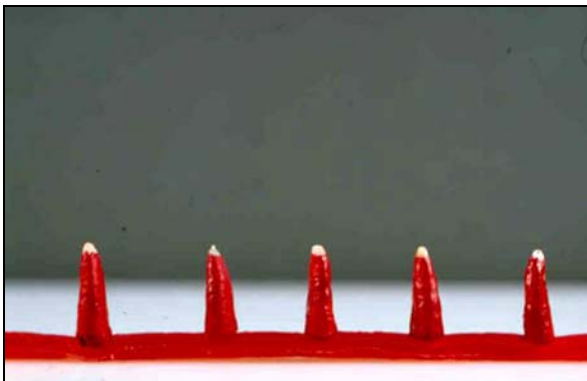


Figura 10. Muestras para el test de filtración apical.



Figura 11. Muestras para el test de filtración coronal.

Todos los especímenes fueron sumergidos en azul de metileno al 2% durante 72 horas y almacenados en una estufa a 37°C. Una vez transcurrido el periodo de inmersión en el colorante, los dientes se lavaron abundantemente en agua corriente y el barniz fue eliminado de la superficie radicular con hojas de bisturí. Seguidamente, las raíces se seccionaron longitudinalmente en sentido buco-lingual, con un microtomo de tejidos duros, para obtener dos mitades simétricas (Figura 12).

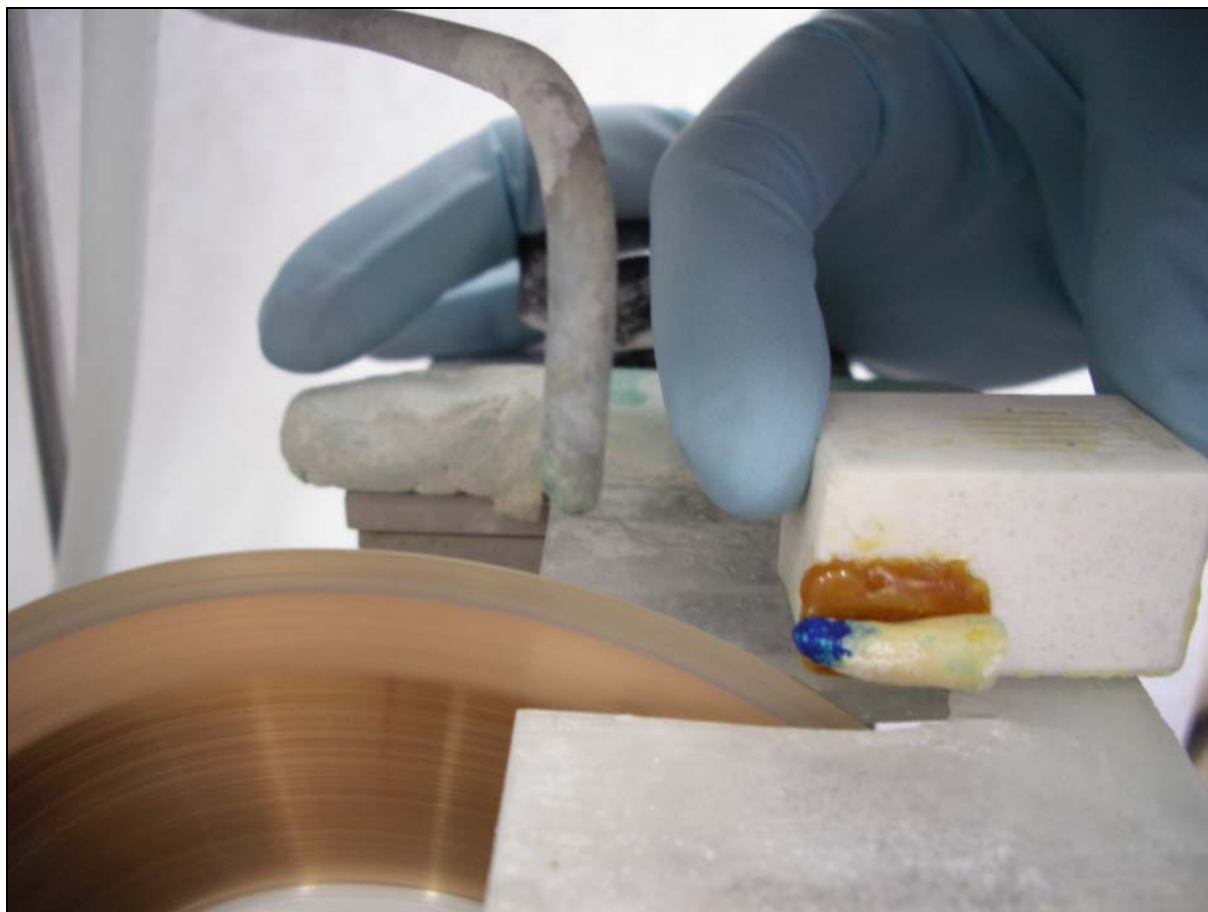


Figura 12. Sección de la raíz radicular con microtomo.

La evaluación de la microfiltración se realizó mediante escala ocular calibrada con un estereomicroscopio a una magnificación de 20x.

La microfiltración apical fue evaluada midiendo la penetración del tinte desde el límite apical de la preparación hasta su máxima extensión en sentido coronal.

La microfiltración coronal fue evaluada midiendo la línea de extensión del tinte desde el límite coronal hasta la máxima penetración en sentido apical.

Para cuantificar la máxima penetración del tinte se realizaron dos mediciones en milímetros. En primer lugar, la penetración del tinte se midió sobre la base visible del colorante en el material de relleno o en la pared del conducto radicular (Figura 13) y una segunda medida se realizó tras la eliminación completa del material de relleno para obtener un valor en profundidad de la penetración del colorante en las paredes de los conductos radiculares (Figura 14).



Figura 13. Penetración del tinte sobre la base visible del colorante en el material de relleno.

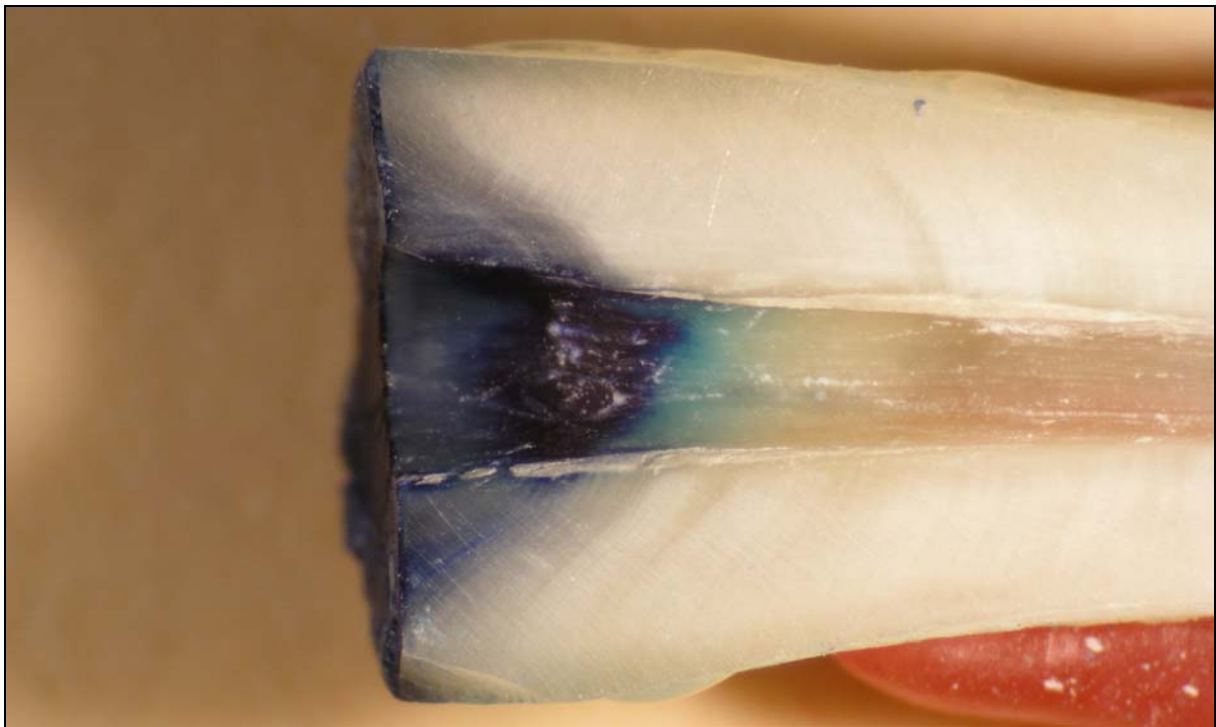


Figura 14. Penetración del tinte en la pared del conducto radicular.

Ambas medidas se registraron y se seleccionó la mayor puntuación para cada una de las muestras evaluadas. La evaluación se llevó a cabo por dos evaluadores independientes y los valores finales se obtuvieron tras realizar la media aritmética de las puntuaciones obtenidas por ambos.

3.2.7. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD RADIOGRÁFICA DE LA OBTURACIÓN

Para evaluar la calidad radiográfica de la obturación todas las imágenes radiográficas fueron escaneadas a una resolución de 1200ppm y se evaluaron en el programa de ordenador Adobe Photoshop 7.0. Las imágenes se aumentaron al 300% y los parámetros de brillo y contraste fueron ajustados para un adecuado análisis.

Se seleccionaron todas las áreas radiolucidas en cada una de las radiografías y se sumaron para obtener el área total sin relleno en cada una de las imágenes en sus dos proyecciones mesio-distal y buco-lingual (Figura 15). Los valores obtenidos en píxeles fueron convertidos en mm² (1mm²=2209 píxeles) y el área total determinada para cada muestra radicular.

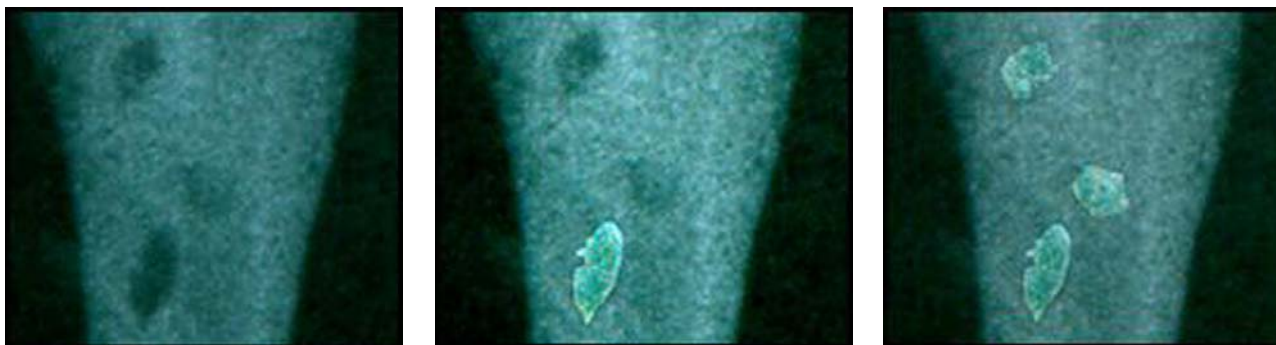


Figura 15. Selección de las áreas sin relleno de la imagen radiográfica.

3.2.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos en las microfotografías fueron introducidos en el programa SPSS/PC+, versión 15.0 (licencia de la Universidad de Granada) para su posterior análisis. Los métodos estadísticos utilizados fueron los siguientes:

☐ DESCRIPTIVOS

- Media y desviación estándar (variables cuantitativas: filtración y calidad radiográfica).
- Distribución absoluta y porcentual (variables categóricas: extrusión del material de relleno).

☐ ANALÍTICOS

- Comprobación de la normalidad de la distribución de los datos mediante el test de Shapiro-Wilk (cuando $n < 50$).
- Análisis de la influencia del cemento sellador (AH Plus™ o GuttaFlow®), de la técnica de obturación del conducto radicular (condensación lateral en frío, cono único o cemento sellador sólo), y del tiempo de evaluación del tinte (3, 30, ó 120 días), en la filtración coronal y en la filtración apical, mediante un diseño ANOVA factorial incompleto.
- Análisis de la influencia del cemento sellador (AH Plus™ o GuttaFlow®), de la técnica de obturación del conducto radicular (condensación lateral en frío, cono único o cemento sellador sólo), y del tiempo de evaluación del tinte (3, 30, ó 120 días), en la densidad radiográfica mesio-distal y la densidad radiográfica buco-lingual, mediante un diseño ANOVA factorial incompleto.
- Análisis de la influencia del cemento sellador (AH Plus™ o GuttaFlow®) y de la técnica de obturación del conducto radicular (condensación lateral en frío, cono único o cemento sellador sólo), en la extrusión del material a nivel apical, mediante un diseño ANOVA factorial incompleto.
- Comparación de dos medias de muestras independientes mediante el test U de Mann-Whitney.
- Comparación de n medias de muestras independientes mediante el test de Kruskal-Wallis.
- Comparación de dos distribuciones porcentuales de muestras independientes mediante el test χ^2 de Pearson.

El nivel de significación fue establecido en $p < 0,05$.



IV Capítulo RESULTADOS

4.1. FILTRACIÓN CORONAL

4.1.1. INFLUENCIA DE LAS VARIABLES

En primer lugar se analizó la influencia del cemento sellador (AH Plus™ o GuttaFlow®), de la técnica de obturación del conducto radicular (condensación lateral en frío, cono único o cemento sellador sólo), y del tiempo de evaluación del tinte (3, 30, ó 120 días), en la filtración coronal, mediante un diseño ANOVA factorial incompleto; incluyendo los factores principales [cemento sellador, técnica de obturación del conducto radicular, tiempo de evaluación del tinte], así como las interacciones de segundo orden [cemento sellador x técnica de obturación, cemento sellador x tiempo de evaluación del tinte, técnica de obturación x tiempo de evaluación del tinte] y la interacción de tercer orden [cemento sellador x técnica de obturación del conducto radicular x tiempo de evaluación del tinte] (Tabla 4).

Tabla 4. Influencia de las variables en la filtración coronal.

| VARIABLE | SIGNIFICACIÓN |
|---|---------------|
| Tiempo | <0,001 |
| Cemento sellador | <0,001 |
| Técnica de obturación | <0,001 |
| Tiempo x cemento sellador | <0,001 |
| Tiempo x técnica de obturación | <0,001 |
| Cemento sellador x técnica de obturación | 0,190 |
| Tiempo x cemento sellador técnica de obturación | 0,525 |

El modelo de regresión lineal no mostró interacción significativa entre los tres factores ($p=0,525$), aunque sí mostró interacción estadísticamente significativa entre los factores tiempo de evaluación del tinte x cemento sellador y tiempo de evaluación del tinte x técnica de obturación del conducto radicular ($p<0,001$ ambas interacciones). A continuación se procedió a realizar el análisis de forma estratificada para comprobar el efecto del tiempo para cada nivel de las otras dos variables, y viceversa.

4.1.2. RESULTADOS DE FILTRACIÓN CORONAL

En la Tabla 5 se muestran los resultados de la filtración a nivel coronal en los tres tiempos de evaluación del tinte. Transcurridos tres días de conservación, los especímenes obturados con GuttaFlow® mostraron la media de filtración del tinte menor ($1,85\pm0,59$); mientras que los conductos radiculares obturados con AH Plus™ / condensación lateral ($2,93\pm1,16$) y GuttaFlow® / condensación lateral ($2,75\pm0,76$) alcanzaron las medias de filtración mayores. Tras 30 días, las medias de filtración de los grupos AH Plus™ / condensación lateral ($2,62\pm0,98$), GuttaFlow® / condensación lateral ($2,68\pm1,23$) y GuttaFlow® / cono único ($2,92\pm0,68$) fueron las más bajas, frente a la media más alta obtenida por el grupo obturado con GuttaFlow® ($4,52\pm0,40$). Por último, a los 120 días, los grupos GuttaFlow® / condensación lateral ($2,77\pm0,49$) GuttaFlow® / cono único ($2,47\pm0,73$) mostraron menor filtración que AH Plus™ / condensación lateral ($4,60\pm0,41$), AH Plus™ / cono único ($4,61\pm0,60$) y GuttaFlow® ($4,51\pm0,81$).

Tabla 5. Resultados de la filtración coronal en los tres periodos de tiempo (media \pm desviación estándar en mm).

| GRUPOS | 3 DÍAS | 30 DÍAS | 120 DÍAS |
|-----------------------|---------------|---------------|---------------|
| AH Plus™ | | | |
| Condensación lateral | $2,93\pm1,16$ | $2,62\pm0,98$ | $4,60\pm0,41$ |
| Cono único | $2,47\pm0,73$ | $3,73\pm1,45$ | $4,61\pm0,60$ |
| GuttaFlow® | | | |
| Condensación lateral | $2,75\pm0,76$ | $2,68\pm1,23$ | $2,77\pm0,49$ |
| Cono único | $2,25\pm0,87$ | $2,92\pm0,68$ | $2,47\pm0,73$ |
| Sólo cemento sellador | $1,85\pm0,59$ | $4,52\pm0,40$ | $4,51\pm0,81$ |

4.1.3. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS ENTRE CEMENTO SELLADOR/ TÉCNICA DE OBTURACIÓN

Las comparaciones entre grupos (cemento sellador/técnica de obturación) en cada uno de los tiempos de evaluación se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Comparación de la filtración coronal entre cemento sellador/técnica de obturación en cada uno de los tiempos de evaluación.

| GRUPOS | 3 DÍAS | 30 DÍAS | 120 DÍAS |
|--|--------|---------|----------|
| AH Plus™ / condensación lateral vs AH Plus™ / cono único | 0,225 | 0,019 | 0,879 |
| AH Plus™ / condensación lateral vs GuttaFlow® / condensación lateral | 0,495 | 0,791 | <0,001 |
| AH Plus™ / condensación lateral vs GuttaFlow® / cono único | 0,161 | 0,210 | <0,001 |
| AH Plus™ / condensación lateral vs GuttaFlow® | 0,028 | 0,001 | 0,403 |
| AH Plus™ / cono único vs GuttaFlow® / condensación lateral | 0,472 | 0,063 | <0,001 |
| AH Plus™ / cono único vs GuttaFlow® / cono único | 0,325 | 0,445 | <0,001 |
| AH Plus™ / cono único vs GuttaFlow® | 0,053 | 0,237 | 0,448 |
| GuttaFlow® / condensación lateral vs GuttaFlow® / cono único | 0,121 | 0,518 | 0,378 |
| GuttaFlow® / condensación lateral vs GuttaFlow® | 0,012 | 0,001 | <0,001 |
| GuttaFlow® / cono único vs GuttaFlow® | 0,255 | <0,001 | <0,001 |

A los tres días, sólo las comparaciones AH Plus™ / condensación lateral (2,93±1,16) versus GuttaFlow® / sólo cemento (1,85±0,59) ($p=0,028$) y GuttaFlow® / condensación lateral versus GuttaFlow® ($p=0,012$) fueron estadísticamente significativas.

A los treinta días, las comparaciones AH Plus™ / condensación lateral (2,62±0,98) frente a AH Plus™ / cono único (3,73±1,45) ($p=0,019$), AH Plus™ / condensación lateral (2,62±0,98) frente a GuttaFlow® (4,52±0,40) ($p=0,001$), GuttaFlow® / condensación lateral (2,68±1,23) frente a GuttaFlow® (4,52±0,40) ($p=0,001$), y GuttaFlow® / cono único (2,92±0,68) frente a GuttaFlow® (4,52±0,40) fueron estadísticamente significativas ($p<0,001$).

Transcurridos 120 días se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p<0,001$) en las comparaciones AH Plus™ / condensación lateral (4,60±0,41) vs GuttaFlow® / condensación lateral (2,77±0,49), AH Plus™ / condensación lateral (4,60±0,41) vs GuttaFlow® / cono único (2,47±0,73), AH Plus™ / cono único (4,61±0,60) vs GuttaFlow® / condensación lateral (2,77±0,49), AH Plus™ / cono único (4,61±0,60) vs GuttaFlow® / cono único (2,47±0,73), GuttaFlow® / condensación lateral (2,77±0,49) vs GuttaFlow® (4,51±0,81) y GuttaFlow® (2,47±0,73) vs GuttaFlow® (4,51±0,81).

4.1.4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS ENTRE TIEMPOS

Al realizar la comparación entre tiempos de evaluación (Tabla 7) se encontró que el grupo AH Plus™ / condensación lateral mostró diferencias significativas al comparar los resultados de filtración coronal a los 3 días (2,93±1,16) y a los 30 días (2,62±0,98) frente a los 120 días (4,60±0,41) ($p<0,001$ y $p=0,001$, respectivamente). Al comparar los resultados del grupo AH Plus™ / cono único se encontraron diferencias significativas a los 3 días (2,47±0,73) frente a los 30 días (3,73±1,45) y a los 120 días (4,61±0,60) ($p=0,049$ y $p<0,001$, respectivamente). El grupo GuttaFlow® / condensación lateral no mostró diferencias significativas con el tiempo. La filtración de GuttaFlow® / cono único a los 3 días (2,25±0,87) difirió significativamente de la filtración a los 30 días (2,92±0,68) ($p=0,025$). Por último, GuttaFlow® mostró diferencias significativas en los resultados de los 3 días (1,85±0,59) frente a los de los 30 días (4,52±0,40) y los 120 días (4,51±0,81) ($p<0,001$).

Tabla 7. Comparación de la filtración coronal de cemento sellador/técnica de obturación entre tiempos.

| GRUPOS | 3 DÍAS vs 30 DÍAS | 3 DÍAS vs 120 DÍAS | 30 DÍAS vs 120 DÍAS |
|-----------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| AH Plus™ / condensación lateral | 0,705 | <0,001 | 0,001 |
| AH Plus™ / cono único | 0,049 | <0,001 | 0,211 |
| GuttaFlow® / condensación lateral | 0,623 | 0,850 | 0,595 |
| GuttaFlow® / cono único | 0,025 | 0,266 | 0,182 |
| GuttaFlow® | <0,001 | <0,001 | 0,494 |

4.2. FILTRACIÓN APICAL

4.2.1. INFLUENCIA DE LAS VARIABLES

En apical también se analizó la influencia del cemento sellador (AH Plus™ o GuttaFlow®), de la técnica de obturación del conducto radicular (condensación lateral en frío, cono único o cemento sellador sólo), y del tiempo de evaluación del tinte (3, 30, ó 120 días), sobre la filtración a este nivel, mediante un diseño ANOVA factorial incompleto; incluyendo los factores principales [cemento sellador, técnica de obturación del conducto radicular, tiempo de evaluación del tinte], así como las interacciones de segundo orden [cemento sellador x técnica de obturación, cemento sellador x tiempo de evaluación del tinte, técnica de obturación x tiempo de evaluación del tinte] y la interacción de tercer orden [cemento sellador x técnica de obturación del conducto radicular x tiempo de evaluación del tinte] (Tabla 8).

En el modelo de regresión lineal, la interacción de los tres factores no mostró significación estadística ($p=0,187$). Al igual que ocurrió en la filtración coronal, la interacción entre los factores tiempo de evaluación del tinte x cemento

sellador y tiempo de evaluación del tinte x técnica de obturación del conducto radicular fue estadísticamente significativa ($p=0,042$ y $p=0,005$, respectivamente). A continuación se procedió a realizar el análisis de forma estratificada para comprobar el efecto del tiempo para cada nivel de las otras dos variables, y viceversa.

Tabla 8. Influencia de las variables en la filtración apical.

| VARIABLE | SIGNIFICACIÓN |
|---|---------------|
| Tiempo | <0,001 |
| Cemento sellador | <0,001 |
| Técnica de obturación | <0,001 |
| Tiempo x cemento sellador | 0,042 |
| Tiempo x técnica de obturación | 0,005 |
| Cemento sellador x técnica de obturación | 0,817 |
| Tiempo x cemento sellador técnica de obturación | 0,183 |

4.2.2. RESULTADOS DE FILTRACIÓN APICAL

Los resultados de filtración apical obtenidos en los tres periodos de tiempo se presentan en la Tabla 9. A los tres días, los grupos obturados con AH Plus™ / cono único ($1,39 \pm 0,80$), GuttaFlow® / condensación lateral ($1,38 \pm 1,23$) y GuttaFlow® / cono único ($1,44 \pm 1,05$) obtuvieron las medias de filtración más bajas. Los resultados de filtración apical a los 30 días variaron entre los $2,10 \pm 0,60$ y los $2,10 \pm 0,59$ milímetros de los grupos GuttaFlow® / condensación lateral y GuttaFlow® / cono único, y los $4,15 \pm 1,33$ milímetros del grupo GuttaFlow®. En la evaluación a los 120 días, los grupos GuttaFlow® / condensación lateral ($2,22 \pm 0,54$) y GuttaFlow® / cono único ($2,19 \pm 0,39$) volvieron a obtener las medias de filtración más bajas y GuttaFlow® la más alta ($4,19 \pm 0,89$).

Tabla 9. Resultados de la filtración apical en los tres periodos de tiempo (media \pm desviación estándar en mm).

| GRUPOS | 3 DÍAS | 30 DÍAS | 120 DÍAS |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| AH Plus™ | | | |
| Condensación lateral | $2,27 \pm 0,73$ | $3,07 \pm 1,09$ | $3,41 \pm 1,13$ |
| Cono único | $1,39 \pm 0,80$ | $3,28 \pm 0,94$ | $3,88 \pm 0,80$ |
| GuttaFlow® | | | |
| Condensación lateral | $1,38 \pm 1,23$ | $2,10 \pm 0,60$ | $2,22 \pm 0,54$ |
| Cono único | $1,44 \pm 1,05$ | $2,10 \pm 0,59$ | $2,19 \pm 0,39$ |
| Sólo cemento sellador | $1,89 \pm 1,01$ | $4,15 \pm 1,33$ | $4,19 \pm 0,89$ |

4.2.3. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS ENTRE CEMENTO SELLADOR/ TÉCNICA DE OBTURACIÓN

Las comparaciones de los resultados de filtración apical se muestran en la Tabla 10. A los tres días sólo la comparación entre los grupos AH Plus™ / condensación lateral ($2,27 \pm 0,73$) y AH Plus™ / cono único ($1,39 \pm 0,80$) fue estadísticamente significativa ($p=0,021$).

La comparación de los resultados obtenidos tras sumergir los conductos radiculares en tinte tras 30 días de conservación no mostró diferencias significativas entre AH Plus™ / condensación lateral ($3,07 \pm 1,09$) y AH Plus™ / cono único ($3,28 \pm 0,94$) ($p=0,544$), entre AH Plus™ / cono único ($3,28 \pm 0,94$) y GuttaFlow® ($4,15 \pm 1,33$) ($p=0,120$) y entre GuttaFlow® / condensación lateral ($2,10 \pm 0,60$) y GuttaFlow® / cono único ($2,10 \pm 0,59$) ($p=0,789$).

Después de 120 días, la comparación de los resultados no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos AH Plus™ / condensación lateral (3,41±1,13) y AH Plus™ / cono único (3,88±0,80) ($p=0,272$), AH Plus™ / condensación lateral (3,41±1,13) y GuttaFlow® (4,19±0,89) ($p=0,088$), AH Plus™ / cono único (3,88±0,80) vs GuttaFlow® (4,19±0,89) ($p=0,447$) y GuttaFlow® / condensación lateral (2,22±0,54) GuttaFlow® / cono único (2,19±0,39) ($p=0,819$).

Tabla 10. Comparación de la filtración apical entre cemento sellador/técnica de obturación en cada uno de los tiempos de evaluación.

| GRUPOS | 3 DÍAS | 30 DÍAS | 120 DÍAS |
|--|--------|---------|----------|
| AH Plus™ / condensación lateral vs AH Plus™ / cono único | 0,021 | 0,544 | 0,272 |
| AH Plus™ / condensación lateral vs GuttaFlow® / condensación lateral | 0,069 | 0,048 | 0,009 |
| AH Plus™ / condensación lateral vs GuttaFlow® / cono único | 0,082 | 0,044 | 0,006 |
| AH Plus™ / condensación lateral vs GuttaFlow® | 0,344 | 0,041 | 0,088 |
| AH Plus™ / cono único vs GuttaFlow® / condensación lateral | 0,850 | 0,007 | <0,001 |
| AH Plus™ / cono único vs GuttaFlow® / cono único | 0,820 | 0,005 | <0,001 |
| AH Plus™ / cono único vs GuttaFlow® | 0,172 | 0,120 | 0,447 |
| GuttaFlow® / condensación lateral vs GuttaFlow® / cono único | 0,909 | 0,789 | 0,819 |
| GuttaFlow® / condensación lateral vs GuttaFlow® | 0,425 | <0,001 | <0,001 |
| GuttaFlow® / cono único vs GuttaFlow® | 0,362 | 0,001 | <0,001 |

4.2.4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS ENTRE TIEMPOS

La comparación de la filtración apical entre tiempos de evaluación (Tabla 11) mostró diferencias estadísticamente significativas ($p=0,034$) en los resultados del grupo AH Plus™ / condensación lateral a los 3 (2,27±0,73) y a los 120 días (3,41±1,13). En el grupo AH Plus™ / cono único se encontraron diferencias significativas al comparar los resultados obtenidos a los 3 días (1,39±0,80) frente a los 30 (3,28±0,94) ($p=0,001$) y los 120 días (3,88±0,80) ($p<0,001$). Los resultados del grupo GuttaFlow® / condensación lateral no variaron significativamente con el tiempo. En el grupo GuttaFlow® / cono único, los resultados a los 3 días (1,44±1,05) difirieron significativamente de los obtenidos a los 120 días (2,19±0,39) ($p=0,040$). En el grupo GuttaFlow® se hallaron diferencias significativas al comparar los resultados de 3 días (1,89±1,01) frente a los de 30 (4,15±1,33) ($p=0,001$) y los de 120 días (4,19±0,89) ($p<0,001$).

Tabla 11. Comparación de la filtración apical de cemento sellador/técnica de obturación entre tiempos.

| GRUPOS | 3 DÍAS vs 30 DÍAS | 3 DÍAS vs 120 DÍAS | 30 DÍAS vs 120 DÍAS |
|-----------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| AH Plus™ / condensación lateral | 0,096 | 0,034 | 0,404 |
| AH Plus™ / cono único | 0,001 | <0,001 | 0,139 |
| GuttaFlow® / condensación lateral | 0,223 | 0,111 | 0,702 |
| GuttaFlow® / cono único | 0,226 | 0,040 | 0,422 |
| GuttaFlow® | 0,001 | <0,001 | 0,704 |

4.3. DENSIDAD RADIOGRÁFICA MESIO-DISTAL

4.3.1. INFLUENCIA DE LAS VARIABLES

En primer lugar se analizó la influencia del cemento sellador (AH Plus™ o GuttaFlow®), de la técnica de obturación del conducto radicular (condensación lateral en frío, cono único o cemento sellador sólo), y del tiempo de

evaluación del tinte (3, 30, ó 120 días), en la densidad radiográfica mesio-distal, mediante un diseño ANOVA factorial incompleto; incluyendo los factores principales [cemento sellador, técnica de obturación del conducto radicular, tiempo de evaluación del tinte], así como las interacciones de segundo orden [cemento sellador x técnica de obturación, cemento sellador x tiempo de evaluación del tinte, técnica de obturación x tiempo de evaluación del tinte] y la interacción de tercer orden [cemento sellador x técnica de obturación del conducto radicular x tiempo de evaluación del tinte] (Tabla 12).

El modelo de regresión lineal no mostró interacción significativa entre los tres factores ($p=0,525$), aunque sí mostró interacción estadísticamente significativa entre los factores tiempo de evaluación del tinte x cemento sellador y tiempo de evaluación del tinte x técnica de obturación del conducto radicular ($p<0,001$ ambas interacciones). A continuación se procedió a realizar el análisis de forma estratificada.

Tabla 12. Influencia de las variables en la densidad radiográfica mesio-distal.

| VARIABLE | SIGNIFICACIÓN |
|---|---------------|
| Tiempo | 0,033 |
| Cemento sellador | 0,105 |
| Técnica de obturación | <0,001 |
| Tiempo x cemento sellador | 0,014 |
| Tiempo x técnica de obturación | 0,105 |
| Cemento sellador x técnica de obturación | 0,073 |
| Tiempo x cemento sellador técnica de obturación | 0,104 |

4.3.2. RESULTADOS DE DENSIDAD RADIOGRÁFICA MESIO-DISTAL

Los resultados de densidad radiográfica en sentido mesio-distal en los tres tiempos de evaluación se recogen en la Tabla 13. A los tres días, los grupos obturados con AH Plus™ / condensación lateral y GuttaFlow® / condensación lateral obtuvieron los mejores resultados con $0,47\pm0,35$ y $0,20\pm0,16$ mm² no rellenos, respectivamente. El grupo GuttaFlow® dejó $1,07\pm0,72$ mm² de superficie sin rellenar. En la evaluación a los 30 días, AH Plus™ / condensación lateral mostró el mejor resultado con $0,16\pm0,23$ mm² de superficie no rellena y AH Plus™ / cono único el peor ($0,85\pm0,85$). Los grupos obturados con GuttaFlow® mostraron un área sin rellenar muy similar ($0,69\pm0,51$ condensación lateral, $0,70\pm0,75$ cono único, y $0,72\pm0,58$ sólo GuttaFlow®). A los 120 días, el grupo GuttaFlow® / condensación lateral mostró el valor más bajo con $0,55\pm0,47$ mm² sin rellenar y el grupo AH Plus™ / cono único el más alto ($1,30\pm0,72$).

Tabla 13. Resultados de la densidad radiográfica mesio-distal en los tres periodos de tiempo (media ± desviación estándar en mm²).

| GRUPOS | 3 DÍAS | 30 DÍAS | 120 DÍAS |
|-----------------------|---------------|---------------|---------------|
| AH Plus™ | | | |
| Condensación lateral | $0,47\pm0,35$ | $0,16\pm0,23$ | $0,76\pm0,57$ |
| Cono único | $1,06\pm1,02$ | $0,85\pm0,85$ | $1,30\pm0,72$ |
| GuttaFlow® | | | |
| Condensación lateral | $0,20\pm0,16$ | $0,69\pm0,51$ | $0,55\pm0,47$ |
| Cono único | $0,96\pm0,75$ | $0,70\pm0,75$ | $0,73\pm0,54$ |
| Sólo cemento sellador | $1,07\pm0,72$ | $0,72\pm0,58$ | $0,74\pm0,61$ |

4.3.3. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS ENTRE CEMENTO SELLADOR/ TÉCNICA DE OBTURACIÓN

La Tabla 14 recoge las comparaciones de los resultados de densidad radiográfica en sentido mesio-distal, en los tres tiempos de evaluación. A los tres días, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre AH Plus™ / condensación lateral ($0,47 \pm 0,35$) y AH Plus™ / cono único ($1,06 \pm 1,02$) ($p=0,144$), entre AH Plus™ / cono único ($1,06 \pm 1,02$) y GuttaFlow® / cono único ($0,96 \pm 0,75$) ($p=0,705$), entre AH Plus™ / cono único ($1,06 \pm 1,02$) y GuttaFlow® ($1,07 \pm 0,72$) ($p=0,561$), ni entre GuttaFlow® / cono único ($0,96 \pm 0,75$) y GuttaFlow® ($1,07 \pm 0,72$) ($p=0,433$).

A los treinta días, los resultados de densidad radiográfica de AH Plus™ / condensación lateral ($0,16 \pm 0,23$) difirieron significativamente de los resultados de AH Plus™ / cono único ($0,85 \pm 0,85$) ($p=0,001$), de los de GuttaFlow® / condensación lateral ($0,69 \pm 0,51$) ($p=0,001$), de los de GuttaFlow® / cono único ($0,70 \pm 0,75$) ($p=0,018$) y de los de GuttaFlow® ($0,72 \pm 0,58$) ($p=0,001$). La evaluación a los 120 días resultó en significaciones estadísticas en las comparaciones AH Plus™ / condensación lateral ($0,76 \pm 0,57$) frente a AH Plus™ / cono único ($1,30 \pm 0,72$) ($p=0,014$), AH Plus™ / cono único ($1,30 \pm 0,72$) frente a GuttaFlow® / condensación lateral ($0,55 \pm 0,47$) ($p=0,001$), AH Plus™ / cono único ($1,30 \pm 0,72$) frente a GuttaFlow® / cono único ($0,73 \pm 0,54$) ($p=0,011$), y AH Plus™ / cono único ($1,30 \pm 0,72$) frente a GuttaFlow® ($0,74 \pm 0,61$) ($p=0,015$).

Tabla 14. Comparación de la densidad radiográfica mesio-distal entre cemento sellador/técnica de obturación en cada uno de los tiempos de evaluación.

| GRUPOS | 3 DÍAS | 30 DÍAS | 120 DÍAS |
|--|--------|---------|----------|
| AH Plus™ / condensación lateral vs AH Plus™ / cono único | 0,144 | 0,001 | 0,014 |
| AH Plus™ / condensación lateral vs GuttaFlow® / condensación lateral | 0,007 | 0,001 | 0,223 |
| AH Plus™ / condensación lateral vs GuttaFlow® / cono único | 0,016 | 0,018 | 0,978 |
| AH Plus™ / condensación lateral vs GuttaFlow® | 0,009 | 0,001 | 0,903 |
| AH Plus™ / cono único vs GuttaFlow® / condensación lateral | 0,010 | 0,882 | 0,001 |
| AH Plus™ / cono único vs GuttaFlow® / cono único | 0,705 | 0,645 | 0,011 |
| AH Plus™ / cono único vs GuttaFlow® | 0,561 | 1,000 | 0,015 |
| GuttaFlow® / condensación lateral vs GuttaFlow® / cono único | <0,001 | 0,597 | 0,279 |
| GuttaFlow® / condensación lateral vs GuttaFlow® | <0,001 | 0,957 | 0,323 |
| GuttaFlow® / cono único vs GuttaFlow® | 0,433 | 0,481 | 0,978 |

4.3.4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS ENTRE TIEMPOS

Los resultados de densidad radiográfica en sentido mesio-distal (Tabla 15) de los grupos AH Plus™ / cono único, GuttaFlow® / cono único y GuttaFlow® no mostraron diferencias estadísticamente significativas al compararlos entre tiempos de evaluación.

Tabla 15. Comparación de la densidad radiográfica mesio-distal de cemento sellador/técnica de obturación entre tiempos.

| GRUPOS | 3 DÍAS vs 30 DÍAS | 3 DÍAS vs 120 DÍAS | 30 DÍAS vs 120 DÍAS |
|-----------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| AH Plus™ / condensación lateral | 0,002 | 0,114 | <0,001 |
| AH Plus™ / cono único | 0,665 | 0,285 | 0,058 |
| GuttaFlow® / condensación lateral | 0,003 | 0,016 | 0,291 |
| GuttaFlow® / cono único | 0,137 | 0,351 | 0,512 |
| GuttaFlow® | 0,117 | 0,140 | 0,925 |

El grupo AH Plus™ / condensación lateral mostró diferencias significativas en los resultados de los 3 días ($0,47 \pm 0,35$) frente a los de 30 días ($0,16 \pm 0,23$) ($p=0,002$) y los resultados de los 30 días ($0,16 \pm 0,23$) frente a los de 120 días ($0,76 \pm 0,57$) ($p<0,001$). En el grupo GuttaFlow® / condensación lateral se hallaron diferencias significativas al comparar los resultados obtenidos a los 3 días ($0,20 \pm 0,16$) frente a los resultados de los 30 ($0,69 \pm 0,51$) ($p=0,003$) y de los 120 días ($0,55 \pm 0,47$) ($p=0,016$).

4.4. DENSIDAD RADIOGRÁFICA BUCO-LINGUAL

4.4.1. INFLUENCIA DE LAS VARIABLES

Al igual que en la proyección mesio-distal, se volvió a analizar la influencia del cemento sellador (AH Plus™ o GuttaFlow®), de la técnica de obturación del conducto radicular (condensación lateral en frío, cono único o cemento sellador sólo), y del tiempo de evaluación del tinte (3, 30, ó 120 días), en la densidad radiográfica buco-lingual, mediante un diseño ANOVA factorial incompleto; incluyendo los factores principales [cemento sellador, técnica de obturación del conducto radicular, tiempo de evaluación del tinte], así como las interacciones de segundo orden [cemento sellador x técnica de obturación, cemento sellador x tiempo de evaluación del tinte, técnica de obturación x tiempo de evaluación del tinte] y la interacción de tercer orden [cemento sellador x técnica de obturación del conducto radicular x tiempo de evaluación del tinte] (Tabla 16). El modelo de regresión lineal no mostró interacción significativa entre los tres factores ($p=0,151$), aunque sí mostró interacción estadísticamente significativa entre los factores tiempo de evaluación del tinte x técnica de obturación del conducto radicular ($p<0,035$). A continuación se procedió a realizar el análisis de forma estratificada.

Tabla 16. Influencia de las variables en la densidad radiográfica buco-lingual.

| VARIABLE | SIGNIFICACIÓN |
|---|---------------|
| Tiempo | 0,393 |
| Cemento sellador | 0,440 |
| Técnica de obturación | <0,001 |
| Tiempo x cemento sellador | 0,054 |
| Tiempo x técnica de obturación | 0,035 |
| Cemento sellador x técnica de obturación | 0,327 |
| Tiempo x cemento sellador técnica de obturación | 0,151 |

4.4.2. RESULTADOS DE DENSIDAD RADIOGRÁFICA BUCO-LINGUAL

A continuación se presentan los resultados de la densidad radiográfica en sentido bucolingual en los tres periodos de evaluación (Tabla 17).

Tabla 17. Resultados de la densidad radiográfica buco-lingual en los tres periodos de tiempo (media \pm desviación estándar en mm²).

| GRUPOS | 3 DÍAS | 30 DÍAS | 120 DÍAS |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| AH Plus™ | | | |
| Condensación lateral | $0,16 \pm 0,23$ | $0,05 \pm 0,05$ | $0,25 \pm 0,33$ |
| Cono único | $0,50 \pm 0,52$ | $0,40 \pm 0,65$ | $0,30 \pm 0,34$ |
| GuttaFlow® | | | |
| Condensación lateral | $0,07 \pm 0,10$ | $0,19 \pm 0,28$ | $0,24 \pm 0,28$ |
| Cono único | $0,17 \pm 0,14$ | $0,29 \pm 0,48$ | $0,48 \pm 0,52$ |
| Sólo cemento sellador | $0,84 \pm 0,33$ | $0,59 \pm 0,59$ | $0,60 \pm 0,59$ |

A los tres días, el grupo GuttaFlow® / condensación lateral dejó $0,07 \pm 0,10 \text{ mm}^2$ sin rellenar, $0,16 \pm 0,23 \text{ mm}^2$ el grupo AH Plus™ / condensación lateral y $0,17 \pm 0,14 \text{ mm}^2$ el grupo GuttaFlow® / cono único. GuttaFlow® utilizado como único material de obturación dejó una superficie de $0,84 \pm 0,33 \text{ mm}^2$ vacía. A los 30 y los 120 días, AH Plus™ / condensación lateral ($0,05 \pm 0,05$ y $0,25 \pm 0,33$) y GuttaFlow / condensación lateral ($0,25 \pm 0,33$ y $0,24 \pm 0,28$) obtuvieron los valores más bajos. Los conductos obturados con GuttaFlow® mostraron, como en la evaluación a 3 días, los valores más altos ($0,59 \pm 0,59$ y $0,60 \pm 0,59$, respectivamente).

4.4.3. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS ENTRE CEMENTO SELLADOR/ TÉCNICA DE OBTURACIÓN

Las comparaciones entre grupos de los resultados de densidad radiográfica en sentido buco-lingual se presentan en la Tabla 18. A los tres días no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre AH Plus™ / condensación lateral ($0,16 \pm 0,23$) y AH Plus™ / cono único ($0,50 \pm 0,52$) ($p=0,106$), AH Plus™ / condensación lateral ($0,16 \pm 0,23$) y GuttaFlow® / condensación lateral ($0,07 \pm 0,10$) ($p=0,184$), AH Plus™ / condensación lateral ($0,16 \pm 0,23$) y GuttaFlow® / cono único ($0,17 \pm 0,14$) ($p=0,193$) y AH Plus™ / cono único ($0,50 \pm 0,52$) y GuttaFlow® / cono único ($0,17 \pm 0,14$) ($p=0,244$).

En las comparaciones a los 30 días, AH Plus™ / condensación lateral ($0,05 \pm 0,05$) y GuttaFlow® / condensación lateral ($0,19 \pm 0,28$) ($p=0,115$), AH Plus™ / cono único ($0,40 \pm 0,65$) y GuttaFlow® / condensación lateral ($0,19 \pm 0,28$) ($p=0,205$), AH Plus™ / cono único ($0,40 \pm 0,65$) y GuttaFlow® / cono único ($0,29 \pm 0,48$) ($p=0,454$), AH Plus™ / cono único ($0,40 \pm 0,65$) y GuttaFlow® ($0,59 \pm 0,59$) ($p=0,140$), y GuttaFlow® / condensación lateral ($0,19 \pm 0,28$) y GuttaFlow® / cono único ($0,29 \pm 0,48$) ($p=0,601$), no fueron estadísticamente significativas.

A los 120 días, las comparaciones AH Plus™ / condensación lateral ($0,25 \pm 0,33$) versus GuttaFlow® ($0,60 \pm 0,59$) ($p=0,029$), y GuttaFlow® / condensación lateral ($0,24 \pm 0,28$) versus GuttaFlow® ($0,60 \pm 0,59$) ($p=0,022$).

Tabla 18. Comparación de la densidad radiográfica buco-lingual entre cemento sellador/técnica de obturación en cada uno de los tiempos de evaluación.

| GRUPOS | 3 DÍAS | 30 DÍAS | 120 DÍAS |
|--|--------|---------|----------|
| AH Plus™ / condensación lateral vs AH Plus™ / cono único | 0,106 | 0,004 | 0,598 |
| AH Plus™ / condensación lateral vs GuttaFlow® / condensación lateral | 0,184 | 0,115 | 0,755 |
| AH Plus™ / condensación lateral vs GuttaFlow® / cono único | 0,193 | 0,045 | 0,062 |
| AH Plus™ / condensación lateral vs GuttaFlow® | <0,001 | <0,001 | 0,029 |
| AH Plus™ / cono único vs GuttaFlow® / condensación lateral | 0,012 | 0,205 | 0,523 |
| AH Plus™ / cono único vs GuttaFlow® / cono único | 0,244 | 0,454 | 0,343 |
| AH Plus™ / cono único vs GuttaFlow® | 0,009 | 0,140 | 0,090 |
| GuttaFlow® / condensación lateral vs GuttaFlow® / cono único | 0,002 | 0,601 | 0,098 |
| GuttaFlow® / condensación lateral vs GuttaFlow® | <0,001 | 0,007 | 0,022 |
| GuttaFlow® / cono único vs GuttaFlow® | <0,001 | 0,037 | 0,551 |

4.4.4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS ENTRE TIEMPOS

Las diferencias en la densidad radiográfica buco-lingual se muestran en la Tabla 19. Los resultados de AH Plus™ / condensación lateral a los 30 días ($0,05 \pm 0,05$) difirieron significativamente de los de 120 días ($0,25 \pm 0,33$) ($p=0,001$). El grupo AH Plus™ / cono único no mostró diferencias estadísticamente significativas al comparar los resultados en los tres tiempos de evaluación. GuttaFlow® / condensación lateral mostró diferencias significativas al comparar los resultados de los 3 días ($0,07 \pm 0,10$) frente a los de los 120 días ($0,24 \pm 0,28$) ($p=0,009$). GuttaFlow® / cono único también mostró diferencias significativas en la comparación 3 días ($0,17 \pm 0,14$) vs 120 días ($0,48 \pm 0,52$) ($p=0,028$). GuttaFlow® como único material de relleno mostró diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de 3 días ($0,84 \pm 0,33$) y los de 30 días ($0,59 \pm 0,59$) ($p=0,033$).

Tabla 19. Comparación de la densidad radiográfica buco-lingual de cemento sellador/técnica de obturación entre tiempos.

| GRUPOS | 3 DÍAS vs 30 DÍAS | 3 DÍAS vs 120 DÍAS | 30 DÍAS vs 120 DÍAS |
|-----------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| AH Plus™ / condensación lateral | 0,186 | 0,151 | 0,001 |
| AH Plus™ / cono único | 0,683 | 0,540 | 0,797 |
| GuttaFlow® / condensación lateral | 0,115 | 0,009 | 0,344 |
| GuttaFlow® / cono único | 0,684 | 0,028 | 0,080 |
| GuttaFlow® | 0,033 | 0,060 | 0,903 |

4.5. EXTRUSIÓN APICAL DEL MATERIAL

4.5.1. INFLUENCIA DE LAS VARIABLES

En este último apartado del capítulo se volvió a realizar el análisis de la influencia del cemento sellador (AH Plus™ o GuttaFlow®) y de la técnica de obturación del conducto radicular (condensación lateral en frío, cono único o cemento sellador sólo), en la extrusión del material a nivel apical, mediante un diseño ANOVA factorial incompleto; incluyendo los factores principales [cemento sellador, técnica de obturación del conducto radicular], así como la interacción de segundo orden [cemento sellador x técnica de obturación]. En el modelo de regresión lineal, la interacción de los dos factores no mostró significación estadística ($p=0,085$) (Tabla 20).

Tabla 20. Influencia de las variables en la extrusión apical del material.

| VARIABLE | SIGNIFICACIÓN |
|--|---------------|
| Cemento sellador | <0,001 |
| Técnica de obturación | <0,001 |
| Cemento sellador x técnica de obturación | 0,085 |

4.5.2. RESULTADOS DE EXTRUSIÓN APICAL

En la Tabla 21 se recoge la distribución porcentual de la extrusión apical del material (no/sí) en cada uno de los grupos de estudio. Como se puede observar, cuando el cemento sellador AH Plus™ se utilizó con técnica de cono único, el 90,0% de los especímenes mostraron extrusión del material. Por el contrario, cuando GuttaFlow® se utilizó con técnica de condensación lateral el 80,0% de los especímenes no mostraron extrusión del material de obturación. En los otros tres grupos, la distribución de no extrusión frente a extrusión fue muy similar.

Tabla 21. Extrusión del material [n(%)].

| GRUPOS | NO EXTRUSIÓN | SÍ EXTRUSIÓN |
|-----------------------------------|--------------|--------------|
| AH Plus™ / condensación lateral | 30 (50,0%) | 30 (50,0%) |
| AH Plus™ / cono único | 6 (10,0%) | 54 (90,0%) |
| GuttaFlow® / condensación lateral | 48 (80,0%) | 12 (20,0%) |
| GuttaFlow® / cono único | 36 (60,0%) | 24 (40,0%) |
| GuttaFlow® | 33 (55,0%) | 27 (45,0%) |

4.5.3. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS ENTRE CEMENTO SELLADOR/ TÉCNICA DE OBTURACIÓN

Cuando se comparó la extrusión del material de obturación del conducto radicular entre grupos, AH Plus™ / condensación lateral frente a GuttaFlow® / cono único ($p=0,271$), AH Plus™ / condensación lateral frente a GuttaFlow® ($p=0,583$) y GuttaFlow® / cono único frente a GuttaFlow® ($p=0,580$) no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre si (Tabla 22).

Tabla 22. Comparación de la extrusión del material entre cemento sellador/técnica de obturación.

| GRUPOS | COMPARACIÓN |
|--|-------------|
| AH Plus™ / condensación lateral vs AH Plus™ / cono único | <0,001 |
| AH Plus™ / condensación lateral vs GuttaFlow® / condensación lateral | 0,001 |
| AH Plus™ / condensación lateral vs GuttaFlow® / cono único | 0,271 |
| AH Plus™ / condensación lateral vs GuttaFlow® | 0,583 |
| AH Plus™ / cono único vs GuttaFlow® / condensación lateral | <0,001 |
| AH Plus™ / cono único vs GuttaFlow® / cono único | <0,001 |
| AH Plus™ / cono único vs GuttaFlow® | <0,001 |
| GuttaFlow® / condensación lateral vs GuttaFlow® / cono único | 0,017 |
| GuttaFlow® / condensación lateral vs GuttaFlow® | 0,003 |
| GuttaFlow® / cono único vs GuttaFlow® | 0,580 |



Capítulo DISCUSIÓN

La calidad de la obturación radicular influye en el pronóstico del tratamiento endodóntico. La diversidad de materiales disponibles en el mercado y las técnicas para su inserción en el conducto es amplia, de ahí la importancia de evaluar la propuesta de nuevos materiales para la obturación de conductos radiculares.

5.1. VALIDEZ INTERNA DEL ESTUDIO

El uso de dientes extraídos está muy extendido y aceptado en los estudios para evaluar la filtración de materiales en Odontología. Utilizar dientes de una sola raíz, con un único conducto y anatómicamente similares, permite normalizar las condiciones de preparación y obturación en el tratamiento endodóntico¹⁸⁷, minimizando la influencia de estas variables en los resultados del trabajo. Asimismo, la longitud radicular es otro factor que debe ser controlado¹⁸⁸. En el presente trabajo se eliminó la corona de todos los dientes y se estandarizó la longitud radicular en 15mm. Igualmente, fueron excluidos del estudio los dientes que presentaban lesiones de caries, reabsorciones radiculares o ápices inmaduros.

La longitud de trabajo fue determinada a 1mm del foramen apical, por ser éste, el límite recomendado por la mayoría de los autores¹⁸⁹. Secuencialmente se realizó una técnica de preparación corono-apical, hasta alcanzar un diámetro 40, y se utilizaron trépanos de Gates-Glidden¹⁹⁰ para ensanchar las porciones más coronales del conducto.

¹⁸⁷ Wu MK, Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *Int Endod J.* 1993;26:37-43.

¹⁸⁸ Wu MK, van der Sluis LW, Wesselink PR. A 1-year follow-up study on leakage of single-cone fillings with RoekoRSA sealer. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;101:662-7.

¹⁸⁹ Kerekes K, Tronstad L. Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. *J Endod.* 1979;5:83-90.

¹⁹⁰ Dulaimi SF, Wali Al-Hashimi MK. A comparison of spreader penetration depth and load required during lateral condensation in teeth prepared using various root canal preparation techniques. *Int Endod J.* 2005;38:510-5.

El uso de soluciones irrigadoras permite el desbridamiento, la lubricación y la eliminación de bacterias y tejido necrótico del interior de los conductos^{191,192,193,194,195,196}. El hipoclorito de sodio es el agente más utilizado en la práctica endodóntica como solución irrigadora, durante y tras la preparación del conducto radicular, y su efectividad ha sido ampliamente estudiada^{197,198,199}. Ha sido utilizado a concentraciones que oscilan entre el 0,5% y 6%²⁰⁰ y es conocido que el aumento de su concentración incrementa su capacidad solvente y antibacteriana, pero también aumenta su efecto tóxico, si alcanza el perióstico²⁰¹. Es la solución de uso habitual para la irrigación de los conductos radiculares por su capacidad para disolver los restos de tejido pulpar, siendo efectivo sobre tejido vital y necrótico, así como por su capacidad para destruir bacterias, neutralizando sus metabolitos y productos antigénicos²⁰². No obstante, su mayor desventaja es que no elimina la capa de barrillo dentinario^{203,204}.

Para una completa limpieza y desinfección es aconsejable la remoción de los detritus y del barrillo dentinario que se forman en el interior de los conductos radiculares instrumentados. Muchos autores defienden su eliminación porque esta capa actúa como una barrera para la difusión de soluciones antibacterianas, impidiendo su penetración en los túbulos dentinarios^{205,206}. Además, contiene microorganismos o fracciones celulares²⁰⁷, y crea un medio adecuado para la proliferación de microorganismos, siendo un reservorio de irritantes potenciales²⁰⁸.

El ácido cítrico es un agente quelante que extrae iones calcio de la dentina, facilitando la instrumentación de conductos estrechos y calcificados. Es un compuesto biológicamente más aceptable que otros ácidos²⁰⁹, con probada capacidad antimicrobiana^{210,211,212,213,214,215} que ha mostrado su eficacia, a concentraciones de 10%, 25% y 50%, para eliminar la capa de barrillo dentinario^{216,217,218,219} de los conductos radiculares instrumentados.

¹⁹¹ Kennedy WA, Walter WA, Gough RW. Smear-layer removal effects on apical leakage. *J Endod.* 1986;12:21-7.

¹⁹² Goldman M, Goldman LB, Kronman JH, Lin PS. The efficacy of several irrigating solutions a scanning electron microscopic. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1981;52:197-204.

¹⁹³ Cerviño Vázquez M, Martín Biedma B, Varela Patiño P, González Bahillo J, Rodríguez Nogueira J, Ruíz Piñón M, *et al.* Estudio comparativo de la acción de distintos irrigantes en Endodoncia. *Rev Eur Odonto-Estomatol.* 2002;14:275-80.

¹⁹⁴ Olmos JL, Cárdenas ML, Dilascio PI. Irrigación de la dentina radicular, "in vivo", con hipoclorito de sodio y quelantes. Estudio con microscopio electrónico de barrido. *Endodoncia.* 2000;18:207-14.

¹⁹⁵ Ferrer Luque CM, González López S, Navajas Rodríguez de Mondelo JM. Estudio con microscopía electrónica de barrido de la acción de distintos irrigantes en la preparación de conductos radiculares. *Rev Eur Odonto-Estomatol.* 1993;6:313-20.

¹⁹⁶ Nikolaus DC, Wayman B, Encinas E. The bacterial effect of citric acid and sodium hypochlorite on anaerobic bacteria. *J Endod.* 1988;14:31-3.

¹⁹⁷ Bystrom A, Sundqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J.* 1985;18:35-40.

¹⁹⁸ McDonnell G, Russell AD. Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance. *Clin Microbiol.* 2001;14:227.

¹⁹⁹ Cunningham WT, Balekjian AY. Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1980;49:175-7.

²⁰⁰ Zehnder M, Kosicki D, Luder H, Sener B, Waltimo T. Tissue-dissolving capacity and antibacterial effect of buffered and unbuffered hypochlorite solutions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002;94:756-62.

²⁰¹ Jiménez-Rubio A, Segura JJ, Llamas R, Jiménez-Planas A, Guerrero JM, Calvo JR. *In vitro* study of the effect of sodium hypochlorite and glutaraldehyde on substrate adherence capacity of macrophages. *J Endod.* 1997;23:562-4.

²⁰² Byström A, Sundqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J.* 1985;18:35-40.

²⁰³ Baumgartner JC, Cuenin PR. Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *J Endod.* 1992;18:605-12.

²⁰⁴ Garberoglio R, Becce C. Smear layer removal by root canal irrigants. A comparative scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1994;78:359-67.

²⁰⁵ Tauber R, Morse DR, Sinai IA, Furst ML. A magnifying lens comparative evaluation of conventional and ultrasonically energized filing. *J Endod.* 1983;9:269-74.

²⁰⁶ Goya C, Yamazaki R, Tomita Y, Kimura Y, Matsumoto K. Effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation on smear layer at the apical stop and apical leakage after obturation. *Int Endod J.* 2000;33:266-71.

²⁰⁷ White RR, Goldman M, Lin PS. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *J Endod.* 1984;10:558-62.

²⁰⁸ Fogel HM, Pashley DH. Dentin permeability: effects of endodontic procedures on root slabs. *J Endod.* 1990;16:442-5.

²⁰⁹ Georgopoulou M, Kontakiotis E, Nakou M. Evaluation of the antimicrobial effectiveness of citric acid and sodium hypochlorite on the anaerobic flora of the infected root canal. *Int Endod J.* 1994;27:139-43.

²¹⁰ Smith JJ, Wayman BE. An evaluation of the antimicrobial effectiveness of citric acid as a root canal irrigant. *J Endod.* 1986;12:54-8.

²¹¹ Georgopoulou M, Kontakiotis E, Nakou M. Evaluation of the antimicrobial effectiveness of citric acid and sodium hypochlorite on the anaerobic flora of the infected root canal. *Int Endod J.* 1994;27:139-43.

²¹² Yamaguchi M, Yoshida K, Suzuki R, Nakamura H. Root canal irrigation with citric acid solution. *J Endod.* 1996;22:27-9.

²¹³ Siqueira JF Jr, Batista MM, Fraga RC, de Uzeda M. Antibacterial effects of endodontic irrigants on black-pigmented gram-negative anaerobes and facultative bacteria. *J Endod.* 1998;24:414-6.

²¹⁴ Zehnder M, Schmidlin P, Sener B, Waltimo T. Chelation in root canal therapy reconsidered. *J Endod.* 2005;31:817-20.

²¹⁵ Georgopoulou M, Kontakiotis E, Nakou M. Evaluation of the antimicrobial effectiveness of citric acid and sodium hypochlorite on the anaerobic flora of the infected root canal. *Int Endod J.* 1994;27:139-43.

²¹⁶ Ferrer Luque CM, González López S, Navajas Rodríguez de Mondelo JM. Estudio con microscopía electrónica de barrido de la acción de distintos irrigantes en la preparación de conductos radiculares. *Rev Eur Odonto-Estomatol.* 1993;6:313-20.

La asociación de agentes quelantes con hipoclorito de sodio ha demostrado ampliamente su eficacia en la remoción del barrillo dentinario. Su uso combinado disminuye la filtración apical y coronal, abre los túbulos dentinarios y ejerce una probada acción antibacteriana^{220,221,222,223,224,225}.

La irrigación final se realizó con agua destilada con objeto de minimizar el efecto residual de una solución de hipoclorito de sodio al 2,5%. El hipoclorito de sodio es un fuerte agente oxidante que deja sobre la dentina una capa rica en oxígeno, reduciendo la capacidad de adhesión de los selladores^{226,227} y consecuentemente favoreciendo el aumento de la microfiltración^{228,229}. Antes de obturar los conductos radiculares se permeabilizó el foramen apical, en todos los casos, para permitir el acceso del colorante al interior del conducto radicular^{230,231}.

Las metodologías *in vitro* se utilizan para determinar la calidad del sellado de los materiales testados, generalmente midiendo la microfiltración con un agente trazador. Para evaluar la capacidad de sellado de los materiales de relleno radicular se han utilizado diferentes métodos: penetración de tintes^{232,233,234,235,236,237,238}, radioisotopos^{239,240,241,242}, circuitos electromecánicos²⁴³, saliva^{244,245}, bacterias^{246,247,248,249}, modelos de transporte de fluido²⁵⁰, y modelos de filtración de glucosa²⁵¹.

²¹⁷ Ferrer Luque CM, González López S, Navajas Rodríguez de Mondelo JM. Mechanical instrumentation of the root canals. A study using SEM and computerized image analysis. Bull Group Int Rech Sci Stomatol Odontol. 1996;39:111-7.

²¹⁸ Siqueira JF Jr, Batista MM, Fraga RC, de Uzeda M. Antibacterial effects of endodontic irrigants on black-pigmented gram-negative anaerobes and facultative bacteria. J Endod. 1998;24:414-6.

²¹⁹ Haznedaroğlu F. Efficacy of various concentrations of citric acid at different pH values for smear layer removal. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2003;96:340-4.

²²⁰ Kennedy WA, Walter WA, Gough RW. Smear-layer removal effects on apical leakage. J Endod. 1986;12:21-7.

²²¹ Goldman M, Goldman LB, Kronman JH, Lin PS. The efficacy of several irrigating solutions a scanning electron microscopic. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1981;52:197-204.

²²² Cerviño Vázquez M, Martín Biedma B, Varela Patiño P, González Bahillo J, Rodríguez Nogueira J, Ruíz Piñón M, et al. Estudio comparativo de la acción de distintos irrigantes en Endodoncia. Rev Eur Odonto-Estomatol. 2002;14:275-80.

²²³ Olmos JL, Cárdenas ML, Dilascio PI. Irrigación de la dentina radicular, "in vivo", con hipoclorito de sodio y quelantes. Estudio con microscopio electrónico de barrido. Endodoncia. 2000;18:207-14.

²²⁴ Ferrer Luque CM, González López S, Navajas Rodríguez de Mondelo JM. Estudio con microscopia electrónica de barrido de la acción de distintos irrigantes en la preparación de conductos radiculares. Rev Eur Odonto-Estomatol. 1993;6:313-20.

²²⁵ Nikolaus DC, Wayman B, Encinas E. The bacterial effect of citric acid and sodium hypochlorite on anaerobic bacteria. J Endod. 1988;14:31-3.

²²⁶ Lai SC, Mak YF, Cheung GS. Reversal of compromised bonding to oxidized etched dentin. J Dent Res. 2001;80:1919-24.

²²⁷ Erdemir A, Ari H, Güngüneş H, Belli S. Effect of medications for root canal treatment on bonding to root canal dentin. J Endod. 2004;30:113-6

²²⁸ Yiu CK, García-Godoy F, Tay FR, Pashley DH, Imazato S, King NM, et al. A nanoleakage perspective on bonding to oxidized dentin. J Dent Res. 2002;81:628-32.

²²⁹ Stratton RK, Apicella MJ, Mines P. A fluid filtration comparison of gutta-percha versus Resilon, a new soft resin endodontic obturation system. J Endod. 2006;32:642-5.

²³⁰ Gilhooly RM, Hayes SJ, Bryant ST, Dummer PM. Comparison of lateral condensation and thermomechanically compacted warm alpha-phase gutta-percha with a single cone for obturating curved root canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2001;91:89-94.

²³¹ Da Silva D, Endal U, Reynaud A, Portenier I, Orstavik D, Haapasalo M. A comparative study of lateral condensation, heat-softened gutta-percha, and a modified master cone heat-softened backfilling technique. Int Endod J. 2002;35:1005-11.

²³² Kennedy JWA, Walker WA, Gough RW. Smear layer removal effects on apical leakage. J Endod. 1986;5:83-90.

²³³ Cergneux M, Ciucchi B, Dietschi JM, Hotz J. The influence of smear layer on the sealing ability of canal obturation. Int Endod J. 1987; 20:228-32.

²³⁴ Peters LB, Harrison JW. A comparison of leakage of filling materials in demineralized resected root ends under vacuum and non-vacuum conditions. Int Endod J. 1992;25:273-8.

²³⁵ Dummer PMH, Kelly T, Meghji A, Sheik I, Vanitchai T. An *in vitro* study of the quality of root fillings in teeth obturated by lateral condensation of gutta-percha or thermafil obturators. Int Endod J. 1993;26:99-105.

²³⁶ Gutmann JL. Adaptation of injected thermoplasticized gutta-percha in the absence of the dentinal smear layer. Int Endod J. 1993;26:87-92.

²³⁷ Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. J Endod. 1987;13:147-57.

²³⁸ Hovland EJ, Dumsha TC. Leakage evaluation *in vitro* of the root canal sealer Sealapex. Int Endod J. 1985;18:179-82.

²³⁹ Dow PR, Ingle JL. Isotope determination of root canal failure. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1955;8:1100-4.

²⁴⁰ Marshall FJ, Massler M. The sealing of pulpless teeth evaluation with isotopes. J Dent Med. 1961;16:172-7.

²⁴¹ Cook HG, Growler MF, Del Río C. Effects of instrumentation with a chelating agent on the periapical seal of obturated root canals. J Endod. 1976;2:312-4.

²⁴² Rhome BH, Solomon EA, Rabinowitz JL. Isotopic evaluation of the sealing properties of lateral condensation, vertical condensation, and Hydron. J Endod. 1981;7:458-61.

²⁴³ Jacobson SM, von Fraunhofer JA. The investigation of microleakage in root canal therapy. An electrochemical technique. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1976;42:817-23.

²⁴⁴ Magura ME, Kafrawy AH, Brown CE, Newton CW. Human saliva coronal microleakage in obturated root canals an *in vitro* study. J Endod. 1991;17:324-31.

²⁴⁵ Khayat A, Lee SJ, Torabinejad M. Human saliva penetration of coronally unsealed obturated root canals. J Endod. 1993;19:458-61.

²⁴⁶ Kos WL, Aulozzi DP, Gerstein H. A comparative bacterial microleakage study of retrofilling materials. J Endod. 1982;8:355-8.

²⁴⁷ Williams S, Goldman M, Sun Lin P. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by endodontic filling materials. Part II. J Endod. 1985;11:385-8.

La metodología en la que se sumerge el diente en varios tipos de tintes (eosina, azul de metileno, tinta china, azul brillante y otros), estudiada por primera vez por Grossman en 1939, es tal vez la más utilizada por su sencillez²⁵² y eficacia para visualizar la extensión de la filtración^{253,254}. Estudios previos revelaron una buena correlación entre la penetración de colorantes y otros métodos de evaluación de filtración^{255,256}.

El tamaño molecular del colorante es de gran importancia en los estudios de filtración²⁵⁷. Las soluciones más recomendadas son las de bajo peso molecular y gran capacidad de penetración, como el azul de metileno^{258,259,260,261,262}, colorante que ha sido empleado en el presente trabajo de investigación. Las bacterias poseen un tamaño molecular grande, pero en los defectos de la obturación pueden penetrar sus productos metabólicos o componentes de su pared celular, como los lipopolisacáridos, iniciando o manteniendo un proceso inflamatorio^{263,264}. Kersten y Moorer²⁶⁵ mostraron que el azul de metileno filtraba igual que el ácido butírico, simulando de esa forma la filtración de las toxinas bacterianas.

Los especímenes fueron mantenidos en el colorante durante setenta y dos horas, en todos los grupos de estudio, tiempo recomendado y suficiente para la penetración del colorante en el interior del conducto radicular²⁶⁶. Para evaluar la filtración del colorante en sentido corono-apical y apico-coronal, los especímenes fueron seccionados en sentido longitudinal²⁶⁷. Aunque este modelo experimental no puede simular la situación *in vivo* permite la visualización del tinte en la interfase pared dentinaria/material de obturación y en las porosidades o espacios vacíos del propio material.

La calidad radiográfica del relleno radicular es un instrumento útil para evaluar la calidad de la obturación del conducto radicular^{268,269,270}. En esta investigación se ha utilizado un método de medida previamente publicado²⁷¹ para valorar la presencia de áreas radiolúcidas, zonas con ausencia de material, en las proyecciones bucal y proximal.

-
- ²⁴⁸ Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. *In vitro* bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. J Endod. 1990;16:566-9.
- ²⁴⁹ Behrend GD, Cutler CW, Gutmann JL. An *in vitro* study of smear layer removal and microbial leakage along root canal fillings. Int Endod J. 1996;29:99-107.
- ²⁵⁰ Wu MK, Degee AJ, Wessellink PR, Moorer WR. Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings. Int Endod J. 1993;26:203-8.
- ²⁵¹ Shemesh H, van den Bos M, Wu MK, Wessellink PR. Glucose penetration and fluid transport through coronal root structure and filled root canals. Int Endod J. 2007;40:866-72.
- ²⁵² Tamse A, Katz A, Kablan F. Comparison of apical leakage shown by four different dyes with two evaluating methods. Int Endod J. 1998;31:333-7.
- ²⁵³ Lucena-Martín C, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Robles-Gijón V, Navajas-Rodríguez de Mondelo JM. A comparative study of apical leakage of Endomethasone, Top Seal and Roeko Seal sealer cements. J Endod. 2002;28:423-26.
- ²⁵⁴ Schafer E, Olthoff G. Effect of three different sealers on the sealing ability of both Thermafil obturators and cold laterally compacted gutta-percha. J Endod. 2002;28:638-42.
- ²⁵⁵ Delivanis PD, Chapman KA. Comparison and reliability of techniques for measuring leakage and marginal penetration. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1982;53:410-6.
- ²⁵⁶ Martell B, Chandler NP. Electrical and dye leakage comparison of three root-end restorative materials. Quintessence Int. 2002;33:30-4.
- ²⁵⁷ Wu MK, Wessellink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I: Methodology, application and relevance. Int Endod J. 1993;26:37-43.
- ²⁵⁸ Greene HA, Wong M, Ingram TA 3rd. Comparison of the sealing ability of four obturation techniques. J Endod. 1990;16:423-8.
- ²⁵⁹ Tamse A, Katz A, Kablan F. Comparison of apical leakage shown by four different dyes with two evaluating methods. Int Endod J. 1998;31:333-7.
- ²⁶⁰ Oddoni PG, Mello I, Coil JM, Antoniazzi JH. Coronal and apical leakage analysis of two different root canal obturation systems. Braz Oral Res. 2008;22:211-5.
- ²⁶¹ Zmener O, Pameijer CH, Serrano SA, Vidueira M, Macchi RL. Significance of moist root canal dentin with the use of methacrylate-based endodontic sealers: an *in vitro* coronal dye leakage study. J Endod. 2008;34:76-9.
- ²⁶² Gençoğlu N, Garip Y, Baş M, Samani S. Comparison of different gutta-percha root filling techniques: Thermafil, Quick-fill, System B, and lateral condensation. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2002;93:333-6.
- ²⁶³ Barthel CR, Moshonov J, Shuping G, Orstavik D. Bacterial leakage versus dye leakage in obturated root canals. Int Endod J. 1999;32:370-5.
- ²⁶⁴ Haïkel Y, Freymann M, Fanti V, Claisse A, Poumier F, Watson M. Apical microleakage of radiolabeled lysozyme over time in three techniques of root canal obturation. J Endod. 2000;26:148-52.
- ²⁶⁵ Kersten HW, Moorer WR. Particles and molecules in endodontic leakage. Int Endod J. 1989;22:118-24.
- ²⁶⁶ Souza, M.C. Avaliação *in vitro* da infiltração marginal em obturações de canais radiculares, em função de agentes marcadores, tempo de imersão nestes e tipos de cimentos obturadores. [Dissertação Mestrado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo; 1991.
- ²⁶⁷ De Moor RJ, Hommez GMG. The long-term sealing ability of an epoxy resin root canal sealer used with five gutta percha obturation techniques. Int Endod J. 2002;35:275-82.
- ²⁶⁸ Al-Dewani N, Hayes SJ, Dummer PMH. Comparison of laterally Condensed and low-temperature thermoplasticized and gutta-percha root fillings. J Endod. 2000;26:733-38.
- ²⁶⁹ Gilhooly RM, Hayes SJ, Bryant ST, Dummer PM. Comparison of lateral condensation and thermomechanically compacted warm α -phase gutta-percha with a single cone for obturating curved root canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2001;91:89-94.
- ²⁷⁰ Gutmann JL, Saunders WP, Saunders EM, Nguyen L. An assessment of the plastic Thermafil obturation technique. Part 1. Radiographic evaluation of adaptation and placement. Int Endod J. 1993;26:173-8.

El uso de gutapercha y cementos selladores para la obturación de conductos radiculares ha permanecido como el estándar de tratamiento endodóntico, a pesar de su incapacidad para conseguir un sellado impermeable a lo largo de las paredes del conducto radicular²⁷². La técnica de condensación lateral se utilizó en este estudio por ser la más ampliamente estudiada y habitualmente utilizada por la mayoría de los clínicos. Además, es una técnica de referencia que permite la comparación con las distintas técnicas establecidas y con nuevas técnicas de obturación de reciente introducción²⁷³.

La cantidad de sellador así como la relación de sellador/gutapercha utilizado en la obturación de los conductos han sido considerados factores que afectan el sellado a largo plazo de una obturación²⁷⁴. Los selladores pueden sufrir alteraciones de solubilidad después de un cierto tiempo^{275;276}, mientras la gutapercha no está igualmente sujeta a la degradación de tales dimensiones²⁷⁷. Así, las técnicas preferidas de obturación son aquellas que minimizan la cantidad del componente sellador.

Con la introducción de nuevas técnicas de preparación del conducto y nuevos materiales para el sellado radicular cada vez más se preconizan las técnicas de cono único o la utilización de sellador como único material de relleno. La efectividad de estas técnicas ha sido discutida en la literatura endodóntica actual^{278;279}. La ausencia de espaciador en estas técnicas de sellado elimina la presencia de posibles espacios vacíos dejados por el mismo²⁸⁰ y reduce sustancialmente la posibilidad de dañar la dentina²⁸¹. Sin embargo, ya que el volumen de sellador requerido en la técnica de cono único o en la utilización de sellador como único material de relleno es mayor que el volumen de sellador necesario para la mayoría de las técnicas de obturación, el material sellador debe ser dimensionalmente estable para garantizar el éxito del tratamiento endodóntico²⁸².

En una revisión sistemática longitudinal de los estudios clínicos publicados desde 1922 hasta 2002²⁸³ se informó que la tasa ponderada de éxito fue del 85,8% para la condensación lateral de la gutapercha y del 84,7% para la técnica de cono único. Kardon y cols.²⁸⁴ encontraron similar capacidad de sellado con las técnicas de cono único y compactación caliente de gutapercha utilizando como sellador AH Plus™. Igualmente, Wu y cols.²⁸⁵ no encontraron diferencias estadísticamente significativas en la capacidad de sellado coronal usando RoekoSeal, un sellador basado en silicona, con las técnicas de cono único y condensación lateral de gutapercha. Además, obtuvieron mejores resultados con ambas técnicas de obturación en frío que con la compactación vertical caliente de la gutapercha.

²⁷¹ González-Rodríguez MP, Ferrer-Luque CM. A comparison of Profile, Hero 642, and K3 instrumentation systems in teeth using digital imaging analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004;97:112-5.

²⁷² Venturi M, Breschi L. Evaluation of apical filling after warm vertical gutta-percha compaction using different procedures. *J Endod.* 2004;30:436-40.

²⁷³ Lertchirakarn V, Timyam A, Messer HH. Effects of root canal sealers on vertical root fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Endod.* 2002;28:217-9.

²⁷⁴ Wu MK, van der Sluis LW, Wesselink PR. A preliminary study of the percentage of gutta-percha-filled area in the apical canal filled with vertically compacted warm gutta-percha. *Int Endod J.* 2002;35:527-35.

²⁷⁵ Tronstad L, Barnett F, Flax M. Solubility and biocompatibility of calcium hydroxide-containing root canal sealers. *Endod Dent Traumatol.* 1988;4:152-9.

²⁷⁶ Kontakiotis EG, Wu MK, Wesselink PR. Effect of sealer thickness on long-term sealing ability: a 2-year follow-up study. *Int Endod J.* 1997;30:307-12.

²⁷⁷ Wu MK, Fan B, Wesselink PR. Diminished leakage along root canals filled with gutta-percha without sealer over time: a laboratory study. *Int Endod J.* 2000;33:121-5.

²⁷⁸ Pommel L, Camps J. *In vitro* apical leakage of system B compared with other filling techniques. *J Endod.* 2001;27:449-51.

²⁷⁹ Wu MK, Ozok AR, Wesselink PR. Sealer distribution in root canals obturated by three techniques. *Int Endod J.* 2000;33:340-5.

²⁸⁰ Souza EM, Wu MK, van der Sluis LW, Leonardo RT, Bonetti-Filho I, Wesselink PR. Effect of filling technique and root canal area on the percentage of gutta-percha in laterally compacted root fillings. *Int Endod J.* 2009;42:719-26.

²⁸¹ Shemesh H, Bier CA, Wu MK, Tanomaru-Filho M, Wesselink PR. The effects of canal preparation and filling on the incidence of dentinal defects. *Int Endod J.* 2009;42:208-13.

²⁸² Wu MK, Bud MG, Wesselink PR. The quality of single cone and laterally compacted gutta-percha fillings in small and curved root canals as evidenced by bidirectional radiographs and fluid transport measurements. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108:946-51.

²⁸³ Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature Part 2. Influence of clinical factors. *Int Endod J.* 2008;41:6-31.

²⁸⁴ Kardon BP, Kuttler S, Hardigan P, Dorn SO. An *in vitro* evaluation of the sealing ability of a new root-canal-obturation system. *J Endod.* 2003;29:658-61.

²⁸⁵ Wu MK, van der Sluis LW, Ardila CN, Wesselink PR. Fluid movement along the coronal two-thirds of root fillings placed by three different gutta-percha techniques. *Int Endod J.* 2003;36:533-40.

Gordon y cols.²⁸⁶ demostraron, mediante el análisis de secciones horizontales de los especímenes, que la capacidad de relleno de conductos curvos con técnica de cono único (conicidad .06) y el sellador de resina AH 26® fue similar al obtenido con la técnica de condensación lateral de gutapercha y este sellador. Un estudio reciente de Wu y cols.²⁸⁷ mostró que la técnica de cono único, utilizando RoekoSeal, puede ser una técnica válida para la obturación de los conductos radiculares. La eficacia de sellado de este material, a lo largo del tiempo, fue atribuida a su buena estabilidad dimensional.

Whitworth y Baco²⁸⁸ demostraron que RoekoSeal y AH Plus™, utilizados solos o inyectados con Lightspeed Simplifill, pueden ser una alternativa comparable a los tradicionales métodos de obturación con gutapercha y sellador. Recientemente, Brackett y cols.²⁸⁹, en un estudio realizado con GuttaFlow® para evaluar su capacidad de sellado, han demostrado que este material es eficaz cuando se utiliza como único material de relleno o con un cono maestro, pero los resultados dependen de la técnica de inserción del material de relleno.

La capacidad de sellado, a corto y a largo plazo, es la propiedad más importante requerida para todos los materiales de obturación del conducto radicular²⁹⁰. Los estudios de filtración se realizan para evaluar estas propiedades y así se cumple un criterio básico para la introducción de un nuevo material. Es muy importante valorar un material en diferentes períodos de tiempo, ya que el objetivo final del tratamiento endodóntico es conseguir el éxito a largo plazo.

5.3. FILTRACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES

En la actualidad no existen materiales ni técnicas que puedan proporcionar un sellado completo del complejo sistema radicular. Esto realza la importancia de un completo desbridamiento del conducto, pero abunda también en la necesidad de un adecuado sellado para garantizar la salud perirradicular.

La mayoría de los trabajos de investigación han evaluado la capacidad de sellado de los materiales de relleno mediante evaluación de la filtración apical^{291,292}. Sin embargo, diferentes estudios^{293,294,295} han demostrado la importancia de la filtración en sentido corono-apical.

La filtración coronal da lugar a una fuente constante de microorganismos y nutrientes que desencadenan y mantienen la inflamación perirradicular determinando el fracaso endodóntico²⁹⁶. Puede estar causada por mala calidad de los procedimientos endodónticos o restauradores, presencia de caries, existencia de fracturas coronarias o de restauraciones fracturadas. Algunos estudios han demostrado que los conductos radiculares expuestos directamente a la saliva del medio bucal pueden contaminarse en pocos días o meses^{297,298}.

En el presente trabajo se ha evaluado el sellado coronal y apical de conductos radiculares obturados con un nuevo material basado en gutapercha, GuttaFlow®, y un cemento sellador basado en resina, AH Plus™, usado habitualmente en la obturación del conducto radicular. Nuestros resultados muestran que ninguno de los materiales utilizados en combinación con las distintas técnicas de obturación empleadas ha evitado la filtración apical o

²⁸⁶ Gordon MP, Love RM, Chandler NP. An evaluation of .06 tapered gutta-percha cones for filling of .06 taper prepared curved root canals. *Int Endod J.* 2005;38:87-96.

²⁸⁷ Wu MK, van der Sluis LW, Wesselink PR. A 1-year follow-up study on leakage of single-cone fillings with RoekoRSA sealer. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;101:662-7.

²⁸⁸ Whitworth JM, Baco L. Coronal leakage of sealer-only backfill: an *in vitro* evaluation. *J Endod.* 2005;31:280-2.

²⁸⁹ Brackett MG, Martin R, Sword J, Oxford C, Rueggeberg FA, Tay FR, *et al.* Comparison of seal after obturation techniques using a polydimethylsiloxane-based root canal sealer. *J Endod.* 2006;32:1188-90.

²⁹⁰ De Moor RJG, De Bruyne MAA. The long-term sealing ability of AH 26 and AH Plus used with three gutta-percha obturation techniques. *Quintessence Int.* 2004;35:326-331.

²⁹¹ Boussetta F, Bal S, Romeas A, Boivin G, Magloire H, Farge P. *In vitro* evaluation of apical microleakage following canal filling with a coated carrier system compared with lateral and thermomechanical gutta-percha condensation techniques. *Int Endod J.* 2003;36:367-71.

²⁹² Venturi M, Breschi L. Evaluation of apical filling after warm vertical gutta-percha compaction using different procedures. *J Endod.* 2004;30:436-40.

²⁹³ Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. *In vitro* bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *J Endod.* 1990;16:566-9.

²⁹⁴ Madison S, Swanson K, Chiles SA. An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part II. Sealer types. *J Endod.* 1987;10:477-483.

²⁹⁵ Taylor JK, Jeansonne BG, Lemon RR. Coronal leakage: effects of smear-layer, obturation technique, and sealer. *J Endod.* 1997;23:508-12.

²⁹⁶ Saunders WP, Saunders EM. Influence of smear layer on the coronal leakage of thermofill and laterally condensed gutta-percha root fillings with a Glass Ionomer Sealer. *J Endod.* 1994;20:155-8.

²⁹⁷ Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. *In vitro* bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *J Endod.* 1990;16:566-9.

²⁹⁸ Khayat A, Lee SJ, Torabinejad M. Human saliva penetration of coronally unsealed obturated root canals. *J Endod.* 1993;19:458-60.

coronal en las raíces experimentales. La filtración en ambos sentidos ocurre especialmente entre la pared del conducto y el material plástico; hecho que coincide con los resultados encontrados en estudios previos por diferentes autores utilizando cementos selladores basados en resinas plásticas (AH 26[®], AH Plus[™])^{299,300,301,302,303}.

La capacidad de sellado de GuttaFlow[®] fue similar con técnica de condensación lateral de gutta-percha en frío y técnica de cono único, no existiendo diferencias estadísticamente significativas entre ambas. La técnica de condensación lateral con GuttaFlow[®] no ha mostrado variación de los valores en los distintos periodos de tiempo estudiados. De-Deus y cols.³⁰⁴ encontraron que los selladores basados en silicona (GuttaFlow[®] y RoekoSeal) parecen mantenerse estables frente a la contaminación bacteriana después de la tercera semana de almacenamiento. Otros autores^{305,306} han puesto de manifiesto que GuttaFlow[®] presentaba una buena adaptación a las paredes del conducto radicular y a la gutta-percha, cuando se usaba con técnica de cono único, lo que conllevaría una disminución de la microfiltración en el tiempo. Según Hebert y cols.³⁰⁷, este resultado puede ser debido a la presión ejercida por el cono principal y a la viscosidad de GuttaFlow[®].

GuttaFlow[®] como único material de relleno filtró más a los 30 y 120 días de almacenaje, tanto en coronal como en apical. Estos resultados podrían deberse a la mayor cantidad de material utilizado en este grupo y/o a la existencia de un mayor número de poros presentes en el espesor del material. La mayor frecuencia de poros encontrada con este material³⁰⁸, respecto a otros selladores, podría estar relacionada con una mayor posibilidad de comunicación entre los huecos existentes en la obturación radicular.

Otro factor que podría haber influido en estos resultados, coincidiendo con Kontakiotis y cols.³⁰⁹, al valorar la capacidad de fluir de diferentes selladores, es la ausencia de presión vertical y/o horizontal en este grupo de estudio, disminuyendo de esta forma la adecuada fluidez del GuttaFlow[®] en las pequeñas áreas del conducto radicular. En este sentido, Ordinola y cols.³¹⁰ abogan por un alto volumen de gutta-percha y menor volumen de sellador para obtener mejores resultados en la obturación del conducto radicular.

En el presente estudio, AH Plus[™] mostró mayor filtración coronal que GuttaFlow[®] a partir de 120 días, con las técnicas de condensación lateral y cono único. Respecto a la filtración apical, AH Plus[™] obtuvo igualmente valores mayores de filtración que GuttaFlow[®], con ambas técnicas de sellado, a partir de 30 días de almacenamiento.

Los resultados encontrados con AH Plus[™] podrían estar relacionados con la contracción de polimerización sufrida por este tipo de resina epóxica³¹¹. La formación de espacios vacíos en el interior del conducto radicular facilitaría la penetración del colorante. Hammad y cols.³¹² argumentaron que la contracción sufrida por los selladores basados en resina puede poner en peligro el sellado radicular. En este sentido, se ha demostrado que a partir de los 14 días AH

²⁹⁹ De Moor RJG, De Bruyne MAA. The long-term sealing ability of AH 26 and AH Plus used with three gutta-percha obturation techniques. *Quintessence Int.* 2004;35:326-331.

³⁰⁰ De Moor RJG, De Boever JG. The sealing ability of an epoxy resin canal sealer with five gutta-percha obturation techniques. *Endod Dent Traumatol.* 2000;16:291-297.

³⁰¹ De Moor RJG, Hommez GMG. The long-term sealing ability of an epoxy resin root canal sealer used with five gutta-percha obturation techniques. *Int Endod J.* 2002;35:275-82.

³⁰² Zmener O, Spielberg C, Lamberghini F, Rucci M. Sealing properties of a new epoxy resin-based root-canal sealer. *Int Endod J.* 1997;30:332-334.

³⁰³ Mileto I, Anic I, Pezelj-Ribaric S, Jukic S. Leakage of five root canal sealers. *Int Endod J.* 1999;32:415-418.

³⁰⁴ De-Deus G, Brandão MC, Fidel RA, Fidel SR. The sealing ability of GuttaFlow in oval-shaped canals: an ex vivo study using a polymicrobial leakage model. *Int Endod J.* 2007;40:794-9.

³⁰⁵ Elayouti A, Achleithner C, Löst C, Weiger R. Homogeneity and adaptation of a new gutta-percha paste to root canal walls. *J Endod.* 2005;31:687-90.

³⁰⁶ Elayouti A, Kiefner P, Hecker H, Chu A, Löst C, Weiger R. Homogeneity and adaptation of endodontic fillings in root canals with enlarged apical preparation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108:e141-6.

³⁰⁷ Herbert J, Bruder M, Braunsteiner J, Altenburger MJ, Wrbas KT. Apical quality and adaptation of Resilon, EndoREZ, and Guttaflow root canal fillings in combination with a noncompaction technique. *J Endod.* 2009;35:261-4.

³⁰⁸ Bouillaguet S, Shaw L, Barthelemy J, Krejci I, Wataha JC. Long-term sealing ability of Pulp Canal Sealer, AH-Plus, GuttaFlow and Epiphany. *Int Endod J.* 2008;41:219-26.

³⁰⁹ Kontakiotis EG, Tzanetakakis GN, Loizides AL. A Comparative Study of Contact Angles of Four Different Root Canal Sealers. *J Endod.* 2007;33:299-302.

³¹⁰ Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Graeff MS, del Carpio Perochena A, Vivan RR, Camargo EJ, *et al.* Depth and percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal obturation using a lateral compaction technique: a confocal laser scanning microscopy study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108:450-7.

³¹¹ Ørstavik D, Nordahl I, Tibballs JE. Dimensional change following setting of root canal sealer materials. *Dent Mater.* 2001;17:512-9.

³¹² Hammad M, Qualtrough A, Silikas N. Extended setting shrinkage behavior of endodontic sealers. *J Endod.* 2008;34:90-3.

Plus™ sufre una disminución de la capacidad de sellado³¹³. Por el contrario, la capacidad de expansión de GuttaFlow®, tras el fraguado, favorecería la menor filtración del colorante en los conductos radiculares obturados.

Los resultados de nuestro estudio, a pesar de las diferentes metodologías, concuerdan con los encontrados por diferentes autores. De Deus y cols.³¹⁴, utilizando la técnica de condensación lateral encontraron que los selladores basados en silicona (GuttaFlow® y RoekoSeal) mostraron menor número de muestras contaminadas por saliva humana que AH Plus™ y Pulp Canal Sealer, después de 9 semanas de almacenamiento. Eldeniz y Ørstavik³¹⁵, al evaluar la resistencia a la penetración bacteriana de diferentes selladores, utilizados con técnica de cono único, encontraron mejores resultados con GuttaFlow®, Epiphany® y Apexit® frente a AH Plus™, RoekoSeal, RCS™, EndoREZ® y Acroseal.

Bouillaguet y cols.³¹⁶ compararon en el tiempo la capacidad de sellado apical de diferentes selladores, con técnica de cono único, y encontraron mejores resultados con GuttaFlow® y Epiphany® frente a PCS y AH Plus™. Según estos autores, la mayor filtración con AH-Plus™ pudo ser debida a una falta de unión entre sellador y el cono de gutapercha, resultando en una interfase que favorecía la filtración.

5.4. CALIDAD RADIOGRÁFICA DE LA OBTURACIÓN

La correlación entre calidad de la obturación del conducto radicular y lo que se observa en una radiografía desde una proyección bucal es muy pobre^{317,318}. Algunos autores confirman que las proyecciones radiográficas mesio-distales presentan más poros e irregularidades que las proyecciones radiográficas buco-linguales^{319,320}, por lo que reflejan más fielmente la calidad de la obturación.

Los resultados de este trabajo muestran la existencia de un mayor número de áreas radiolúcidas desde una proyección radiográfica mesio-distal, con todas las técnicas de obturación y tiempos estudiados. Confirmando que radiográficamente hay una menor apreciación del grado de calidad de la obturación cuando se valora desde una proyección buco-lingual, respecto a una proyección mesio-distal³²¹.

La técnica de condensación lateral presentó el menor número de áreas radiolúcidas, en ambas proyecciones radiográficas y tiempos estudiados. Además, los resultados alcanzados con esta técnica difirieron significativamente de los de las otras técnicas evaluadas, tanto con GuttaFlow® como con AH Plus™. Estos podrían estar relacionados con la menor cantidad de sellador y mayor cantidad de gutapercha utilizada en esta técnica de obturación.

La técnica de cono único se considera inferior a las técnicas de compactación con gutapercha caliente y a la condensación lateral de la gutapercha³²². En dicha técnica, el volumen de sellador es alto en relación al volumen del cono de gutapercha, facilitando la formación de un mayor número de espacios vacíos que afectarían la calidad del sellado^{323,324}. Sin embargo, Wu y cols.³²⁵, en un estudio realizado en raíces curvas, no encontraron diferencias

³¹³ Timpawat S, Amornchat C, Trisuwan WR. Bacterial coronal leakage after obturation with three root canal sealers. J Endod. 2001 ;27:36-9.

³¹⁴ De-Deus G, Brandão MC, Fidel RA, Fidel SR. The sealing ability of GuttaFlow in oval-shaped canals: an ex vivo study using a polymicrobial leakage model. Int Endod J. 2007;40:794-9.

³¹⁵ Eldeniz AU, Ørstavik D. A laboratory assessment of coronal bacterial leakage in root canals filled with new and conventional sealers. Int Endod J. 2009;42:303-12.

³¹⁶ Bouillaguet S, Shaw L, Barthelemy J, Krejci I, Wataha JC. Long-term sealing ability of Pulp Canal Sealer, AH-Plus, GuttaFlow and Epiphany. Int Endod J. 2008;41:219-26.

³¹⁷ Ebert J, Pawlick H, Petschelt A. Relation between dye penetration and radiographic assessment of root canal fillings *in vitro*. Int Endod J. 1996;29:198.

³¹⁸ Kersten HW, Wesselink PR, Thoden van Velzen SK. The diagnostic reability of the buccal radiograph after root canal filling. Int Endod J. 1987;20:20-4.

³¹⁹ Gutmann JL, Saunders WP, Saunders EM, Nguyen L. An assessment of the plastic Thermafil obturation technique. Part 1. Radiographic evaluation of adaptation and placement. Int Endod J. 1993;26:173-8.

³²⁰ Wu MK, Bud MG, Wesselink PR. The quality of single cone and laterally compacted gutta-percha fillings in small and curved root canals as evidenced by bidirectional radiographs and fluid transport measurements. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2009;108:946-51.

³²¹ Al-Dewani N, Hayes SJ, Dummer PMH. Comparison of laterally condensed and low-temperature thermoplasticized gutta-percha root fillings. J Endod. 2000;26:733-38.

³²² Hammad M, Qualtrough A, Silikas N. Evaluation of root canal obturation: a three-dimensional *in vitro* study. J Endod. 2009;35:541-4.

³²³ Kontakiotis EG, Tzanetakakis GN, Loizides AL. A 12-month longitudinal *in vitro* leakage study on a new silicon-based root canal filling material (Gutta-Flow). Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2007;103:854-9.

³²⁴ Bouillaguet S, Shaw L, Barthelemy J, Krejci I, Wataha JC. Long-term sealing ability of Pulp Canal Sealer, AH-Plus, GuttaFlow and Epiphany. Int Endod J. 2008;41:219-26.

³²⁵ Wu MK, Bud MG, Wesselink PR. The quality of single cone and laterally compacted gutta-percha fillings in small and curved root canals as evidenced by bidirectional radiographs and fluid transport measurements. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2009;108:946-51.

significativas en la calidad de la obturación entre las técnicas de cono único y condensación lateral de la gutapercha, usando como sellador AH 26®. No obstante, con la técnica de cono único encontraron un mayor número de áreas radiolúcidas.

GuttaFlow®, como único material de relleno, obtuvo la peor calidad radiográfica respecto a las técnicas de cono único y condensación lateral de gutapercha. Diferentes estudios^{326,327,328}, que han evaluado la homogeneidad de este sellador, han puesto de manifiesto la mayor frecuencia de poros, de pequeño tamaño, encontrados en el espesor de este material. Además, la no utilización de gutapercha, en esta técnica de obturación, reduciría la adaptación del material sellador a las paredes del conducto radicular³²⁹.

En el presente trabajo evaluamos la calidad radiográfica en distintos periodos de tiempo. Los especímenes fueron almacenados en humedad relativa, lo que podría resultar en una alteración del relleno radicular. La solubilidad de los selladores^{330,331} o los cambios volumétricos de estos materiales, expansión de GuttaFlow®³³² y contracción de AH Plus™³³³, respectivamente, podrían ser evidenciados radiográficamente. Nuestros resultados mostraron un aumento de espacios sin relleno en el grupo AH Plus™/técnica de condensación lateral de los 30 días a los 120 días en ambas proyecciones radiográfica (mesio-distal, buco-lingual).

GuttaFlow®, con las técnicas de condensación lateral y cono único, mostró menor calidad radiográfica de los 3 días a los 120 días, desde una proyección buco-lingual. Desde una proyección mesio-distal, este material con técnica de condensación lateral presentó un mayor número de áreas radiolúcidas a los 30 días y 120 días respecto a los obtenidos a los 3 días. No obstante, estos resultados deben ser interpretados con cautela, dado que los valores más bajos y que se salen de la norma son, en ambas proyecciones, para los grupos AH Plus™/condensación lateral (30 días) y GuttaFlow®/condensación lateral (3 días). Resultados que podrían deberse a variaciones en la técnica debidas al operador.

Cuando se compararon GuttaFlow® y AH Plus™ con las técnicas de cono único y condensación lateral no se encontraron diferencias significativas, en los tres periodos de tiempo estudiados, desde una proyección buco-lingual. Desde una proyección mesio-distal, GuttaFlow® con técnica de cono único mostró mejor calidad radiográfica que AH Plus™ en todos los tiempos del estudio. Con técnica de condensación lateral, este sellador basado en silicona, presentó menor número de áreas radiolúcidas que AH Plus™, excepto a los 30 días de almacenamiento.

Elayouti y cols.³³⁴, evaluando la homogeneidad y adaptación de GuttaFlow®, en secciones radiculares transversales, encontraron una mayor frecuencia de pequeñas áreas (poros) respecto a AH Plus™ con las técnicas de condensación lateral y vertical de la gutapercha. No obstante, el tamaño individual de los poros encontrados fue mayor para el sellador basado en resina, lo que podría resultar en su mayor apreciación en las imágenes radiográficas. Resultado coincidente con el estudio de Da Silva y cols.³³⁵, respecto a la existencia de poros en el seno de AH Plus™ con diferentes técnicas de sellado.

Bouillaguet y cols.³³⁶ argumentaron que la falta de unión química de AH Plus™ a los conos de gutapercha sería responsable de la interfase creada entre ambos materiales, proporcionando un aumento de áreas radiolúcidas entre sellador/gutapercha. En este sentido, GuttaFlow® ha mostrado una buena adaptación a las paredes del conducto

³²⁶ Elayouti A, Achleithner C, Löst C, Weiger R. Homogeneity and adaptation of a new gutta-percha paste to root canal walls. J Endod. 2005;31:687-90.

³²⁷ Bouillaguet S, Shaw L, Barthelemy J, Krejci I, Wataha JC. Long-term sealing ability of Pulp Canal Sealer, AH-Plus, GuttaFlow and Epiphany. Int Endod J. 2008;41:219-26.

³²⁸ Hammad M, Qualtrough A, Silikas N. Evaluation of root canal obturation: a three-dimensional *in vitro* study. J Endod. 2009;35:541-4.

³²⁹ Kontakiotis EG, Tzanetakakis GN, Loizides AL. A Comparative Study of Contact Angles of Four Different Root Canal Sealers. J Endod. 2007;33:299-302.

³³⁰ Carvalho-Júnior JR, Guimarães LF, Correr-Sobrinho L, Pécora JD, Sousa-Neto MD. Evaluation of solubility, disintegration, and dimensional alterations of a glass ionomer root canal sealer. Braz Dent J. 2003;14:114-8.

³³¹ McMichen FR, Pearson G, Rahbaran S, Gulabivala K. A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. Int Endod J. 2003;36:629-35.

³³² Hammad M, Qualtrough A, Silikas N. Extended setting shrinkage behavior of endodontic sealers. J Endod. 2008;34:90-3.

³³³ Ørstavik D, Nordahl I, Tibballs JE. Dimensional change following setting of root canal sealer materials. Dent Mater. 2001;17:512-9.

³³⁴ Elayouti A, Achleithner C, Löst C, Weiger R. Homogeneity and adaptation of a new gutta-percha paste to root canal walls. J Endod. 2005;31:687-90.

³³⁵ Da Silva D, Endal U, Reynaud A, Portenier I, Ørstavik D, Haapasalo M. A comparative study of lateral condensation, heat-softened gutta-percha, and a modified master cone heat-softened backfilling technique. Int Endod J. 2002;35:1005-11.

³³⁶ Bouillaguet S, Shaw L, Barthelemy J, Krejci I, Wataha JC. Long-term sealing ability of Pulp Canal Sealer, AH-Plus, GuttaFlow and Epiphany. Int Endod J. 2008;41:219-26.

radicular y a la gutapercha^{337,338,339}, a pesar de la existencia de pequeños y numerosos poros encontrados en su composición.

En el presente trabajo no se han correlacionado los valores de filtración y calidad radiográfica porque la filtración del colorante se midió en una zona del conducto concreta (coronal o apical) y la densidad radiográfica en toda la extensión del mismo. No obstante, Wu y cols.³⁴⁰ han mostrado correlación entre calidad radiográfica y los resultados de filtración fluida, con técnicas de cono único y condensación lateral de la gutapercha. Sin embargo, Ebert y cols.³⁴¹ argumentaron que no existía correlación entre la calidad radiográfica de la obturación radicular y la penetración de colorantes.

5.5. EXTRUSIÓN DEL MATERIAL DE OBTURACIÓN

La extrusión de los materiales de relleno, a través del foramen apical, no es un hecho deseable durante la fase de obturación del conducto radicular³⁴². Es conocido que la sobreextensión de los materiales de obturación produce una irritación permanente que puede impedir o dificultar la reparación biológica de los tejidos perirradiculares afectados³⁴³. Afortunadamente, la tolerancia del tejido periapical a los materiales de relleno es alta y el exceso de sellador suele ser reabsorbido, por lo que el pronóstico es generalmente bueno³⁴⁴.

En todos los grupos se registró la presencia o no de extrusión del material plástico y/o gutapercha a través del foramen apical³⁴⁵. En este estudio no se observó extrusión de gutapercha en ninguna de las raíces obturadas. La extrusión del material plástico se observó en 147 de los 300 especímenes (49%), de los cuales el 36,73% pertenecían al grupo AH PlusTM/técnica de cono único. El hallazgo de este alto número de raíces con extrusión de sellador podría deberse al hecho de haber permeabilizado el foramen apical de los conductos radiculares con una lima del número 10, antes de ser obturados. No obstante, en la práctica clínica, no se permeabiliza de forma rutinaria el foramen apical durante la preparación endodóntica. Además, la presencia del ligamento periodontal y la presión tisular, podrían resistir a la extrusión de los selladores^{346,347}.

El sellador AH PlusTM, utilizado con técnica de cono único, mostró una extrusión significativamente mayor que el resto de los grupos de estudio. Este hecho puede estar relacionado con la técnica de introducción del sellador en el conducto radicular mediante un léntulo en vez de ser introducido con el cono de gutapercha. Mayer y cols.³⁴⁸ pusieron de manifiesto que la técnica de introducción del sellador afectaba significativamente a la extrusión del mismo a través del foramen apical. Sin embargo, Wu y cols.³⁴⁹ mostraron que utilizando un léntulo espiral bidireccional para la introducción del sellador, se obtenía al mismo tiempo su distribución en sentido apical y coronal, reduciendo el flujo del sellador a través del foramen apical. Estos autores³⁵⁰ recomendaron la utilización de un léntulo para la introducción del sellador cuando se usaba la técnica de cono único, tal y como se realizó en el presente trabajo.

³³⁷ Herbert J, Bruder M, Braunsteiner J, Altenburger MJ, Wrbas KT. Apical quality and adaptation of Resilon, EndoREZ, and Guttaflow root canal fillings in combination with a noncompaction technique. *J Endod.* 2009;35:261-4.

³³⁸ ElAyouti A, Kiefner P, Hecker H, Chu A, Löst C, Weiger R. Homogeneity and adaptation of endodontic fillings in root canals with enlarged apical preparation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108:e141-6.

³³⁹ Bouillaguet S, Shaw L, Barthelemy J, Krejci I, Wataha JC. Long-term sealing ability of Pulp Canal Sealer, AH-Plus, GuttaFlow and Epiphany. *Int Endod J.* 2008;41:219-26.

³⁴⁰ Wu MK, Bud MG, Wesselink PR. The quality of single cone and laterally compacted gutta-percha fillings in small and curved root canals as evidenced by bidirectional radiographs and fluid transport measurements. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108:946-51.

³⁴¹ Ebert J, Pawlick H, Petschelt A. Relation between dye penetration and radiographic assessment of root canal fillings *in vitro*. *Int Endod J.* 1996;29:198.

³⁴² Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation. II. A histologic study. *Int Endod.* 31:394,1998.

³⁴³ Canalda Salhi C. Obturación de los conductos radiculares. En: Canalda Salhi C, Brau Aguadé E, editores. *Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas.* 2ªed. Barcelona: Masson; 2006. p. 209-37.

³⁴⁴ Nguyen TN. Obturation of the root canal system. In Cohen S, Burns RC, editors. *Pathways of the pulp.* St. Louis: CV Mosby; 1994. p. 219-71.

³⁴⁵ Gilhooly RM, Hayes SJ, Bryant ST, Dummer PM. Comparison of lateral condensation and thermomechanically compacted warm alpha-phase gutta-percha with a single cone for obturating curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001;91:89-94.

³⁴⁶ Gilhooly RM, Hayes SJ, Bryant ST, Dummer PM. Comparison of lateral condensation and thermomechanically compacted warm alpha-phase gutta-percha with a single cone for obturating curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001;91:89-94.

³⁴⁷ Da Silva D, Endal U, Reynaud A, Portenier I, Orstavik D, Haapasalo M. A comparative study of lateral condensation, heat-softened gutta-percha, and a modified master cone heat-softened backfilling technique. *Int Endod J.* 2002;35:1005-11.

³⁴⁸ Mayer B, Roggendorf MJ, Ebert J, Petschelt A, Frankenberger R. Influence of placement sealer on apical extrusion of two root canal sealer. *Int Endod J.* 2005;38:928.

³⁴⁹ Wu MK, van der Sluis LW, Wesselink PR. A 1-year follow-up study on leakage of single-cone fillings with RoekoRSA sealer. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;101:662-7.

³⁵⁰ Wu MK, Ozok AR, Wesselink PR. Sealer distribution in root canals obturated by three techniques. *Int Endod J.* 2000;33:340-5.

Además, ha sido mostrado que utilizando el cono maestro para introducción del sellador, el volumen de material en el interior del conducto radicular es insuficiente³⁵¹.

En el caso de GuttaFlow® la técnica de obturación del conducto radicular influyó en los resultados de su extrusión. Cuando este material se utilizó con técnica de condensación lateral exhibió menor extrusión que con técnica de cono único y GuttaFlow® como único material de relleno. En la técnica de condensación lateral de gutapercha, GuttaFlow® se introdujo con el cono maestro, realizando leves movimientos corono-apicales, como recomendaron Wu y cols.³⁵² para disminuir la probabilidad de extrusión del sellador. Con técnica de cono único, el cono maestro fue insertado directamente a la longitud de trabajo y cuando fue utilizado como único material de relleno, GuttaFlow® se introdujo con presión mediante una jeringa aplicadora.

En este estudio, partiendo de la premisa de que habría una mayor extrusión del GuttaFlow® con la técnica de cono único, si se hubiera introducido el material con la jeringa aplicadora^{353,354}, se optó por introducirlo conjuntamente con el cono maestro³⁵⁵. No obstante, la introducción de GuttaFlow® mediante la jeringa aplicadora no parece ser el motivo del aumento de extrusión, pues no se encontraron diferencias significativas en la extrusión de material entre los grupos GuttaFlow®/cono único y GuttaFlow® como único material de relleno. Sin embargo, introducir un cono maestro post-relleno apical con GuttaFlow® mediante jeringa aplicadora (como recomienda el fabricante), puede ser causa de una mayor extrusión del material. Este último hecho ha sido observado en el estudio de Zielinski y cols.³⁵⁶, donde todas las muestras obturadas sufrieron extrusión del GuttaFlow®. Además, se ha puesto de manifiesto que este material fluye mejor bajo presión lateral o vertical³⁵⁷, lo que puede ser ventajoso para su penetración en las pequeñas áreas del conducto radicular, pero también puede ser motivo del aumento de extrusión a través del foramen apical.

Al comparar la extrusión de GuttaFlow® y AH Plus™, el material basado en silicona presentó un menor número de muestras con sobreextensión, con ambas técnicas de obturación. Con la técnica de cono único, el sellador AH Plus™ fue introducido con léntulo y en el caso del GuttaFlow®, fue introducido inicialmente con el cono maestro, lo que parece reducir la posibilidad de extrusión del sellador a través del foramen apical.

Según Ordinola-Zapata y cols.³⁵⁸, cuando se usa la técnica de condensación lateral de la gutapercha, el sellador puede mostrar un grado variable de penetración en el interior de los túbulos dentinarios, que varía en función de sus características físicas y químicas y del nivel del conducto radicular. El mismo autor encontró una menor penetración intratubular con GuttaFlow® que con el sellador Sealapex®. En esta línea, Kontakiotis y cols.³⁵⁹, al comparar la capacidad de fluir de diferentes selladores (GuttaFlow®, Roth 801®, AH26® y RSA RoekoSeal), demostraron que los selladores basados en silicona presentaban menor capacidad de fluir adecuadamente, de forma pasiva, en las pequeñas áreas del sistema del conducto radicular. Este resultado pone de manifiesto una disminución de la capacidad de humectación de GuttaFlow®, en comparación con otros selladores de conductos. Bernardes y cols.³⁶⁰ atribuyen la mayor capacidad de flujo del sellador AH Plus™, respecto a Sealer 26 y MTA Obtura, a la concentración de resina epóxica presente en su composición. Además, enfatizan que cuanto menor es el tamaño de las partículas del sellador mayor la capacidad de flujo del mismo.

³⁵¹ 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.* 2007;33:310-3.

³⁵² Wu MK, van der Sluis LW, Wesselink PR. A 1-year follow-up study on leakage of single-cone fillings with RoekoRSA sealer. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;101:662-7.

³⁵³ Kontakiotis EG, Tzanetakakis GN, Loizides AL. A 12-month longitudinal *in vitro* leakage study on a new silicon-based root canal filling material (Gutta-Flow). *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007;103:854-9.

³⁵⁴ Monticelli F, Sword J, Martin RL, Schuster GS, Weller RN, Ferrari M, *et al.* Sealing properties of two contemporary single-cone obturation systems. *Int Endod J.* 2007;40:374-85.

³⁵⁵ Brackett MG, Martin R, Sword J, Oxford C, Rueggeberg FA, Tay FR, *et al.* Comparison of seal after obturation techniques using a polydimethylsiloxane-based root canal sealer. *J Endod.* 2006;32:1188-90.

³⁵⁶ Zielinski TM, Baumgartner JC, Marshall JG. An evaluation of Guttaflow and gutta-percha in the filling of lateral grooves and depressions. *J Endod.* 2008;34:295-8.

³⁵⁷ Kontakiotis EG, Tzanetakakis GN, Loizides AL. A Comparative Study of Contact Angles OF Four Different Root Canal Sealers. *J Endod.* 2007;33:299-302.

³⁵⁸ Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Graeff MS, del Carpio Perochena A, Vivan RR, Camargo EJ, *et al.* Depth and percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal obturation using a lateral compaction technique: a confocal laser scanning microscopy study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108:450-7.

³⁵⁹ Kontakiotis EG, Tzanetakakis GN, Loizides AL. A Comparative Study of Contact Angles of Four Different Root Canal Sealers. *J Endod.* 2007;33:299-302.

³⁶⁰ Bernardes RA, de Amorim Campelo A, Junior DS, Pereira LO, Duarte MA, Moraes IG, *et al.* Evaluation of the flow rate of 3 endodontic sealers: Sealer 26, AH Plus, and MTA Obtura. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010;109:47-9.

Wu y cols.³⁶¹ afirmaron que el flujo de un material es directamente proporcional a su capacidad para penetrar en las irregularidades y conductos accesorios del complejo sistema radicular. Siqueira y cols.³⁶², argumentaron que la tasa de flujo tiene un papel importante en la penetración de sellador en áreas confinadas del sistema de conductos radiculares. No obstante, Bernardes y cols.³⁶³ nos recuerdan que esta propiedad también está directamente relacionada con el riesgo de extravasación de material al periápice.

No hemos encontrado en la literatura científica trabajos que comparen la fluidez de GuttaFlow® con AH Plus™. En cualquier caso la elección del sellador, entre otros factores, debe realizarse tanto en base a su fluidez como al riesgo de extrusión apical³⁶⁴.

³⁶¹ 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.* 2000;26:210-6.

³⁶² Siqueira FJ Jr, Fraga RC, Garcia PF. Evaluation of sealing ability, pH and flow rate of three calcium hydroxide-based sealers. *Endod Dent Traumatol.* 1995;11:225-8.

³⁶³ Bernardes RA, de Amorim Campelo A, Junior DS, Pereira LO, Duarte MA, Moraes IG, *et al.* Evaluation of the flow rate of 3 endodontic sealers: Sealer 26, AH Plus, and MTA Obtura. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010;109:e47-9.

³⁶⁴ McMichen FR, Pearson G, Rahbaran S, Gulabivala K. A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. *Int Endod J.* 2003;36:629-35.



VI Capítulo CONCLUSIONES

I. GuttaFlow® no evitó la filtración en la obturación de conductos radiculares con las distintas técnicas de relleno utilizadas. Su uso como único material de relleno, mostró la menor capacidad de sellado.

2. GuttaFlow® mostró mayor capacidad de sellado apical y coronal que AH Plus™, con la técnica de condensación lateral de gutapercha y técnica de cono único.
3. La calidad radiográfica de GuttaFlow®, como único material de relleno, fue menor que la encontrada para este material con las técnicas de cono único y condensación lateral de gutapercha.
4. GuttaFlow® presentó mayor calidad radiográfica, en una proyección mesio-distal, que AH Plus™ con las técnicas de condensación lateral y cono único.
5. La extrusión de GuttaFlow® fue menor con la técnica de condensación lateral de gutapercha, respecto a las técnicas de cono único o su uso como único material de relleno.
6. La extrusión de AH Plus™ fue mayor que la de GuttaFlow®, con ambas técnicas de obturación utilizadas.



VII Capítulo BIBLIOGRAFÍA

Abarca AM, Bustos A, Navia M. A comparison of apical sealing and extrusion between Thermafil and lateral condensation techniques. *J Endod.* 2001;27:670-2.

Al-Awadhi S, Spears R, Gutmann JL, Opperman LA. Cultured primary osteoblast viability and apoptosis in the presence of root canal sealers. *J Endod.* 2004;30:527-33.

Al-Dewani N, Hayes SJ, Dummer PMH. Comparison of laterally Condensed and low-temperature thermoplasticized and gutta-percha root fillings. *J Endod.* 2000;26:733-38.

Allison DA, Weber CR, Walton RE. The influence of the method of canal preparation on the quality of apical and coronal obturation. *J Endod.* 1979;5:298-304.

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

Azar NG, Heidari M, Bahrami ZS, Shokri F. *In vitro* cytotoxicity of a new epoxy resin root canal sealer. *J Endod.* 2000;26:462-5.

Barthel CR, Moshonov J, Shuping G, Orstavik D. Bacterial leakage versus dye leakage in obturated root canals. *Int Endod J.* 1999;32:370-5.

Baumgartner KR, Taylor J, Walton R. Canal adaptation and coronal leakage: lateral condensation compared to Thermafil. *J Am Dent Assoc.* 1995;126:351-6.

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

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

- Beatty RG. The effect of standard or serial preparation on single cone obturation. *Int Endod J.* 1987;20:276-81.
- Behrend GD, Cutler CW, Gutmann JL. An *in vitro* study of smear layer removal and microbial leakage along root canal fillings. *Int Endod J.* 1996;29:99-107.
- Bernardes RA, de Amorim Campelo A, Junior DS, Pereira LO, Duarte MA, Moraes IG, *et al.* Evaluation of the flow rate of 3 endodontic sealers: Sealer 26, AH Plus, and MTA Obtura. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010;109:e47-9.
- Boiesen J, Brodin P. Neurotoxic effect of two root canal sealers with calcium hydroxide on rat phrenic nerve *in vitro*. *Endod Dent Traumatol.* 1991;7:242-5.
- Bouillaguet S, Shaw L, Barthelemy J, Krejci I, Wataha JC. Long-term sealing ability of Pulp Canal Sealer, AH-Plus, GuttaFlow and Epiphany. *Int Endod J.* 2008;41:219-26.
- Bouillaguet S, Wataha JC, Tay FR, Brackett M, Lockwood PE. Initial *in vitro* biological response to contemporary endodontic sealers. *J Endod.* 2006;32:989-92.
- Boulger EP. The foreign body reaction of rat tissue and human tissue to gutta-percha. *J Am Dent Assoc.* 1933;20:1473-81.
- Boussetta F, Bal S, Romeas A, Boivin G, Magloire H, Farge P. *In vitro* evaluation of apical microleakage following canal filling with a coated carrier system compared with lateral and thermomechanical gutta-percha condensation techniques. *Int Endod J.* 2003;36:367-71.
- Brackett MG, Martin R, Sword J, Oxford C, Rueggeberg FA, Tay FR, *et al.* Comparison of seal after obturation techniques using a polydimethylsiloxane-based root canal sealer. *J Endod.* 2006;32:1188-90.
- Briseño Marroquín B, Wolter D, Willershausen-Zönnchen B. Dimensional variability of nonstandardized greater taper finger spreaders with matching gutta-percha points. *Int Endod J.* 2001;34:23-8.
- Brodin P, Røed A, Aars H, Orstavik D. Neurotoxic effects of root filling materials on rat phrenic nerve *in vitro*. *J Dent Res.* 1982;61:1020-3.
- Buckley M, Spangberg L. The prevalence and technical quality of endodontic treatment in an American subpopulation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995;79:92-100.
- Budd CS, Weller RN, Kulild JC. A comparison of thermoplasticized injectable gutta-percha obturation techniques. *J Endod.* 1991;17:260-4.
- Byström A, Sundqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J.* 1985;18:35-40.
- Canalda Salhi C. Obturación de los conductos radiculares. En: Canalda Salhi C, Brau Aguadé E, editores. *Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas.* 2ªed. Barcelona: Masson; 2006. p. 209-37.
- Carvalho-Júnior JR, Guimarães LF, Correr-Sobrinho L, Pécora JD, Sousa-Neto MD. Evaluation of solubility, disintegration, and dimensional alterations of a glass ionomer root canal sealer. *Braz Dent J.* 2003;14:114-8.
- Cergneux M, Ciucchi B, Dietschi JM, Hotz J. The influence of smear layer on the sealing ability of canal obturation. *Int Endod J.* 1987; 20:228-32.
- Cerviño Vázquez M, Martín Biedma B, Varela Patiño P, González Bahillo J, Rodríguez Nogueira J, Ruíz Piñón M, *et al.* Estudio comparativo de la acción de distintos irrigantes en Endodoncia. *Rev Eur Odontol Estomatol.* 2002;14:275-80.
- Cobankara FK, Adanir N, Belli S, Pashley DH. A quantitative evaluation of apical leakage of four root-canal sealers. *Int Endod J.* 2002;35:979-84.

- Cobankara FK, Orucoglu H, Sengun A, Belli S. The quantitative evaluation of apical sealing of four endodontic sealers. *J Endod.* 2006;32:66-8.
- Cohen BI, Paanillo MK, Musikant BL, Deutsch AS. An *in vitro* study of the cytotoxicity of two root canal sealers. *J Endod.* 2000;26:228-9.
- Cohen BI, Pagnillo MK, Musikant BL, Deutsch AS. Formaldehyde evaluation from endodontic materials. *Oral Health.* 1998;88:37-9.
- Combe EC, Cohen BD, Cummings K. Alpha- and beta-forms of gutta-percha in products for root canal filling. *Int Endod J.* 2001;34:447-51.
- Cook HG, Growler MF, Del Río C. Effects of instrumentation with a chelating agent on the periapical seal of obturated root canals. *J Endod.* 1976;2:312-4.
- Cunningham WT, Balekjian AY. Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1980;49:175-7.
- Da Silva D, Endal U, Reynaud A, Portenier I, Orstavik D, Haapasalo M. A comparative study of lateral condensation, heat-softened gutta-percha, and a modified master cone heat-softened backfilling technique. *Int Endod J.* 2002;35:1005-11.
- De Almeida WA, Leonardo MR, Tonomaru Filho M, Silva LA. Evaluation of apical sealing of three endodontic sealers. *Int Endod J.* 2000;33:25-7.
- De Moor RJ, De Bruyne MA. The long-term sealing ability of AH 26 and AH Plus used with three gutta-percha obturation techniques. *Quintessence Int.* 2004;35:326-31.
- De Moor RJG, De Boever JG. The sealing ability of an epoxy resin canal sealer with five gutta-percha obturation techniques. *Endod Dent Traumatol.* 2000;16:291-297.
- De Moor RJG, De Bruyne MAA. The long-term sealing ability of AH 26 and AH Plus used with three gutta-percha obturation techniques. *Quintessence Int.* 2004;35:326-331.
- De Moor RJG, Hommez GMG. The long-term sealing ability of an epoxy resin root canal sealer used with five gutta-percha obturation techniques. *Int Endod J.* 2002;35:275-282.
- De-Deus G, Brandão MC, Fidel RA, Fidel SR. The sealing ability of GuttaFlow in oval-shaped canals: an *ex vivo* study using a polymicrobial leakage model. *Int Endod J.* 2007;40:794-9.
- Delivanis PD, Chapman KA. Comparison and reliability of techniques for measuring leakage and marginal penetration. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1982;53:410-6.
- Dow PR, Ingle JL. Isotope determination of root canal failure. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1955;8:1100-4.
- Dugas NN, Lawrence HP, Teplitsky PE, Pharoah MJ, Friedman S. Periapical health and treatment quality assessment of root-filled teeth in two Canadian populations. *Int Endod J.* 2003;36:181-92.
- DuLac KA, Nielsen CJ, Tomazic TJ, Ferrillo PJ Jr, Hatton JF. Comparison of the obturation of lateral canals by six techniques. *J Endod.* 1999;25:376-80.
- Dulaimi SF, Wali Al-Hashimi MK. A comparison of spreader penetration depth and load required during lateral condensation in teeth prepared using various root canal preparation techniques. *Int Endod J.* 2005;38:510-5.
- Dummer PMH, Kelly T, Meghji A, Sheik I, Vanitchai T. An *in vitro* study of the quality of root fillings in teeth obturated by lateral condensation of gutta-percha or thermafil obturators. *Int Endod J.* 1993;26:99-105.
- Ebert J, Pawlick H, Petschelt A. Relation between dye penetration and radiographic assessment of root canal fillings *in vitro*. *Int Endod J.* 1996;29:198.

- Economides N, Liolios E, Kolokuris I, Beltes P. Long term evaluation of the influence of smear layer removal on the sealing ability of different sealers. *J Endod.* 1999;25:123-5.
- Elayouti A, Achleithner C, Löst C, Weiger R. Homogeneity and adaptation of a new gutta-percha paste to root canal walls. *J Endod.* 2005;31:687-90.
- Elayouti A, Kiefner P, Hecker H, Chu A, Löst C, Weiger R. Homogeneity and adaptation of endodontic fillings in root canals with enlarged apical preparation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108:e141-6.
- Eldeniz AU, Mustafa K, Ørstavik D, Dahl JE. Cytotoxicity of new resin- calcium hydroxide- and silicone-based root canal sealers on fibroblasts derived from human gingiva and L929 cell lines. *Int Endod J.* 2007;40:329-37.
- Eldeniz AU, Ørstavik D. A laboratory assessment of coronal bacterial leakage in root canals filled with new and conventional sealers. *Int Endod J.* 2009;42:303-12.
- Erdemir A, Adani N, Belli S. *In vitro* evaluation effect of solvents on root canal sealers. *J Oral Sci.* 2003;45:123-6.
- Erdemir A, Ari H, Güngüneş H, Belli S. Effect of medications for root canal treatment on bonding to root canal dentin. *J Endod.* 2004;30:113-6.
- Ferrer Luque CM, González López S, Navajas Rodríguez de Mondelo JM. Mechanical instrumentation of the root canals. A study using SEM and computerized image analysis. *Bull Group Int Rech Sci Stomatol Odontol.* 1996;39:111-7.
- Ferrer Luque CM, González López S, Navajas Rodríguez de Mondelo JM. Estudio con microscopia electrónica de barrido de la acción de distintos irrigantes en la preparación de conductos radiculares. *Rev Eur Odonto-Estomatol.* 1993;6:313-20.
- Figueiredo JAP de, Estrela C. Obturação do canal radicular. En: Estrela C, Figueiredo JAP, editores. *Endodontia: princípios biológicos e mecânicos.* São Paulo: Artes Medicas; 1999. p. 656-90.
- Fogel HM, Pashley DH. Dentin permeability: effects of endodontic procedures on root slabs. *J Endod.* 1990;16:442-5.
- 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.* 2008;34:725-7.
- Friedman CE, Sandrik JL, Heuer MA, Rapp GW. Composition and physical properties of gutta-percha endodontic filling materials. *J Endod.* 1977;3:304-8.
- Gale MS. Coronal microleakage. *Ann R Austral Coll Dent Surg.* 2000;15:299-305.
- Garberoglio R, Becce C. Smear layer removal by root canal irrigants. A comparative scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1994;78:359-67.
- Gençoğlu N, Garip Y, Baş M, Samani S. Comparison of different gutta-percha root filling techniques: Thermafil, Quick-fill, System B, and lateral condensation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002;93:333-6.
- Gencoglu N, Sener G, Omurtag GZ, Tozan A, Uslu B, Arbak S, *et al.* Comparison of biocompatibility and cytotoxicity of two new root canal sealers. *Acta Histochem.* 2009;21.
- Gençoğlu N, Türkmen C, Ahiskali R A new silicon-based root canal sealer (Roekoseal®-Automix). *J Oral Rehabil.* 2003;30:753-7.
- Georgopoulou M, Kontakiotis E, Nakou M. Evaluation of the antimicrobial effectiveness of citric acid and sodium hypochlorite on the anaerobic flora of the infected root canal. *Int Endod J.* 1994;27:139-43.

- Geursen W, Leyhausen G. Biological aspects of root canal filling materials-histocompatibility, cytotoxicity, and mutagenicity. Clin Oral Investig. 1997;1:5-11.
- Gilhooly RM, Hayes SJ, Bryant ST, Dummer PM. Comparison of cold lateral condensation and a warm multiphase gutta-percha technique for obturating curved root canals. Int Endod J. 2000;33:415-20.
- Gilhooly RM, Hayes SJ, Bryant ST, Dummer PM. Comparison of lateral condensation and thermomechanically compacted warm alpha-phase gutta-percha with a single cone for obturating curved root canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2001;91:89-94.
- Goldberg F, Zmener O, Massone E, Pruskin E, Basrani E. Surface architecture of a low-temperature thermoplasticized gutta-percha. Endod Dent Traumatol. 1991;7:108-11.
- Goldman M, Goldman LB, Kronman JH, Lin PS. The efficacy of several irrigating solutions a scanning electron microscopic. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1981;52:197-204.
- González-Rodríguez MP, Ferrer-Luque CM. A comparison of Profile, Hero 642, and K3 instrumentation systems in teeth using digital imaging analysis. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2004;97:112-5.
- Gordon MP, Love RM, Chandler NP. An evaluation of .06 tapered gutta-percha cones for filling of .06 taper prepared curved root canals. Int Endod J. 2005;38:87-96.
- Goya C, Yamazaki R, Tomita Y, Kimura Y, Matsumoto K. Effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation on smear layer at the apical stop and apical leakage after obturation. Int Endod J. 2000;33:266-71.
- Granchi D, Stea S, Ciapetti G, Cavedagna D, Stea S, Pizzoferrato A. Endodontic cements induce alterations in the cell cycle of *in vitro* cultured osteoblasts. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1995;79:359-66.
- Greene HA, Wong M, Ingram TA 3rd. Comparison of the sealing ability of four obturation techniques. J Endod. 1990;16:423-8.
- Grossman LI, Shepard LI, Pearson LA. Roentgenologic and clinical evaluation of endodontically treated teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1964;17:368-73.
- Grossman LI. Physical properties of root canal cements. J Endod. 1976;2:166-175.
- Gutmann JL, Saunders WP, Saunders EM, Nguyen L. An assessment of the plastic Thermafil obturation technique. Part 1. Radiographic evaluation of adaptation and placement. Int Endod J. 1993;26:173-8.
- Gutmann JL, Wiherspoon DE. Sistema de obturación de los canales radiculares limpios y conformados. En: Cohen S, Burns RC, editores. Vías de la Pulpa. 7ª ed. España: Harcourt Mosby; 1998. p. 258-361.
- Gutmann JL. Adaptation of injected thermoplasticized gutta-percha in the absence of the dentinal smear layer. Int. Endod J. 1993;26:87-92.
- Haïkel Y, Freymann M, Fanti V, Claisse A, Poumier F, Watson M. Apical microleakage of radiolabeled lysozyme over time in three techniques of root canal obturation. J Endod. 2000;26:148-52.
- Hammad M, Qualtrough A, Silikas N. Evaluation of root canal obturation: a three-dimensional *in vitro* study. J Endod. 2009;35:541-4.
- Hammad M, Qualtrough A, Silikas N. Extended setting shrinkage behavior of endodontic sealers. J Endod. 2008;34:90-3.
- Hammad M, Qualtrough A, Silikas N. Three-dimensional evaluation of effectiveness of hand and rotary instrumentation for retreatment of canals filled with different materials. J Endod. 2008;34:1370-3
- Harty FJ, Stock CJ. The Giromatic system compared with hand instrumentation in endodontics. Br Dent J. 1974;137:239-44.

Haznedaroğlu F. Efficacy of various concentrations of citric acid at different pH values for smear layer removal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;96:340-4.

Herbert J, Bruder M, Braunsteiner J, Altenburger MJ, Wrbas KT. Apical quality and adaptation of Resilon, EndoREZ, and Guttaflow root canal fillings in combination with a noncompaction technique. *J Endod.* 2009;35:261-4.

Herbert J, Bruder M, Braunsteiner J, Altenburger MJ, Wrbas KT. Apical quality and adaptation of Resilon, EndoREZ, and Guttaflow root canal fillings in combination with a noncompaction technique. *J Endod.* 2009;35:261-4.

Hommeze GM, Coppens CR, De Moor RJ. Periapical health related to the quality of coronal restorations and root fillings. *Int Endod J.* 2002;35:680-9.

Hovland EJ, Dumsha TC. Leakage evaluation *in vitro* of the root canal sealer cement Secalaped. *Int Endod J.* 1985;18:179-82.

Huang TH, Kao CT. Ph measurement of root canal sealers. *J Endod.* 1998;24:236-8.

Huang, TH, Lii CK, Chou MY, Kao CT. Lactate dehydrogenase leakage of hepatocytes with AH 26 and AH plus sealer treatments. *J Endod.* 2000;26:509-11.

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

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

Ingle JI, Newton CW, West JD, Gutmann JL, Glickman GN, Korzon BH, Martin H. Obturación del espacio radicular. En: Ingle JI, Bakland LK, editores. *Endodoncia.* 5ªed. Mexico: McGrawHill Interamericana; 2004. p. 581-680.

Ingle JI, West JD. Obturación del espacio radicular. En: Ingle JI, Bakland LK, editores. *Endodoncia.* 4ªed. México: MacGraw-Hill Interamericana; 1996. p. 244.

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

Ingle JL, Beveridge E, Glick D, Weichman J. The Washington study. En: Ingle JI, Bakland LK, editores. *Endodoncia.* 4ªed. México: McGraw-Hill Interamericana; 1996. p. 25.

Jacobson SM, von Fraunhofer JA. The investigation of microleakage in root canal therapy. An electrochemical technique. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1976;42:817-23.

Jiménez-Rubio A, Segura JJ, Llamas R, Jiménez-Planas A, Guerrero JM, Calvo JR. *In vitro* study of the effect of sodium hypochlorite and glutaraldehyde on substrate adherence capacity of macrophages. *J Endod.* 1997;23:562-4.

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

Jukic S, Miletic I, Anic I, Britvic S, Osmak M, Sistia S. The mutagenic potencial of AH plus and AH 26 by Salmonella/microsome assay. *J Endod.* 2000;26:321-4.

Jungmann CL, Uchin RA, Bucher JF. Effect of instrumentation on the shape of the root canal. *J Endod.* 1975;1:66-9.

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

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

- Katz A, Kaffe I, Littner M, Tagger M, Tamse A. Densitometric measurement of radiopacity of Gutta-percha cones and root dentin. *J Endod.* 1990;16:211-3.
- Kennedy WA, Walter WA, Gough RW. Smear-layer removal effects on apical leakage. *J Endod.* 1986;12:21-7.
- Kerekes K, Tronstad L. Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. *J Endod.* 1979;5:83-90.
- Kersten HW, Moorer WR. Particles and molecules in endodontic leakage. *Int Endod J.* 1989;22:118-24.
- Kersten HW, Wesselink PR, Thoden van Velzen SK. The diagnostic reliability of the buccal radiography after root canal filling. *Int Endod J.* 1987;20:20-4.
- Khayat A, Lee SJ, Torabinejad M. Human saliva penetration of coronally unsealed obturated root canals. *J Endod.* 1993;19:458-60.
- Kirkevang LL, Orstavik D, Horsted-Bindslev P, Wenzel A. Periapical status and quality of root fillings and coronal restorations in a Danish population. *Int Endod J.* 2000;33:509-15.
- Kontakiotis EG, Tzanetakis GN, Loizides AL. A Comparative Study of Contact Angles of Four Different Root Canal Sealers. *J Endod.* 2007;33:299-302.
- Kontakiotis EG, Tzanetakis GN, Loizides AL. A 12-month longitudinal *in vitro* leakage study on a new silicon-based root canal filling material (Gutta-Flow). *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007;103:854-9.
- Kontakiotis EG, Wu MK, Wesselink PR. Effect of sealer thickness on long-term sealing ability: a 2-year follow-up study. *Int Endod J.* 1997;30:307-12.
- Kos WL, Aulozzi DP, Gerstein H. A comparative bacterial microleakage study of retrofilling materials. *J Endod.* 1982;8:355-8.
- Kotilaouzidou EA, Papazisis KT, Beltes P, Geiomichalos GD, Kortsaris AH. Cytotoxicity of three resin-based root canal sealers: an *in vitro* evaluation. *Endod Dent Traumatol.* 1998;14:182-5.
- Lai SC, Mak YF, Cheung GS. Reversal of compromised bonding to oxidized etched dentin. *J Dent Res.* 2001;80:1919-24.
- Langeland K. Root canal sealants and pastes. *Dent Clin North Am.* 1974;18:309-27.
- Lee CQ, Chang Y, Cobb CM, Robinson S, Hellmuth EM. Dimensional stability of thermosensitive gutta-percha. *J Endod.* 1997;23:579-82.
- Lee KW, Williams MC, Camps IJ, Pashley DH. Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. *J Endod.* 2002;28:684-8.
- Leonardo MR, Bezerra da Silva LA, Filho MT, Santana da Silva R. Release of formaldehyde by 4 endodontic sealers. *Oral Surg Oral Med Pathol Oral Radiol Endod.* 1999;88:221-5.
- Leonardo MR, da Silva LA, Almeida WA, Utrilla LS. Tissue response to an epoxy resin-based root canal sealer. *Endod Dent Traumatol.* 1999;15:28-32.
- Leonardo MR, da Silva LA, Tanomaru Filho M, Bonifácio KC, Ito IY. *In vitro* evaluation of antimicrobial activity of sealers and pastes used in endodontics. *J Endod.* 2000;26:391-4.
- Leonardo MR, Medeiros Salgado AA, Bezerra da Silva LA, Tanomaru Filho M. Apical and periapical repair of dogs teeth with periapical lesions alter endodontic treatment with different root canal sealers. *Pesqui Odontol Bras.* 2003;17:69-74.
- Lertchirakarn V, Timyam A, Messer HH. Effects of root canal sealers on vertical root fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Endod.* 2002;28:217-9.
- Leyhausen G, Heil J, Reifferscheid G, Waldmann P, Geurtsen W. Genotoxicity and cytotoxicity of the

- epoxy resin-based root canal sealer AH plus. J Endod. 1999;25:1091-3.
- Lucena-Martín C, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Robles-Gijón V, Navajas-Rodríguez de Mondelo JM. A comparative study of apical leakage of Endomethasone, Top Seal, and Roeko Seal sealer cements. J Endod. 2002;28:423-6.
- Madison S, Swanson K, Chiles SA. An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part II. Sealer types. J Endod. 1987;10:477-483.
- Magura ME, Kafrawy AH, Brown CE, Newton CW. Human saliva coronal microleakage in obturated root canals an *in vitro* study. J Endod. 1991;17:324-31.
- Mannocci F, Ferrari M. Apical seal of roots obturated with laterally condensed gutta-percha, epoxy resin cement and dentin bonding agent. J Endod. 1998;24:41-4.
- Marciano J, Michalesco P, Abadie MJ. Stereochemical structure characterization of dental gutta-percha. J Endod. 1993;19:31-4.
- Marshall FJ, Massler M. The sealing of pulpless teeth evaluation with isotopes. J Dent Med. 1961;16:172-7.
- Martell B, Chandler NP. Electrical and dye leakage comparison of three root-end restorative materials. Quintessence Int. 2002;33:30-4.
- Mayer B, Roggendorf MJ, Ebert J, Petschelt A, Frankenberger R. Influence of placement sealer on apical extrusion of two root canal sealer. Int Endod J. 2005;38:928.
- McDonnell G, Russell AD. Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance. Clin Microbiol. 2001;14:227.
- McMichen FR, Pearson G, Rahbaran H, Gulabivala K. A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. Int Endod J. 2003;36:629-35.
- Miletić I, Anić I, Pezelj-Ribarić S, Jukić S. Leakage of five root canal sealers. Int Endod J. 1999;32:415-8.
- Miletic I, Devcic N, Anic I, Borcic J, Karlovic Z, Osmak M. The cytotoxicity of RoekoSeal and AH plus compared during different setting periods. J Endod. 2005;31:307-9.
- Miletić I, Ribarić SP, Karlović Z, Jukić S, Bosnjak A, Anić I. Apical leakage of five root canal sealers after one year of storage. J Endod. 2002;28:431-2.
- Mileto I, Anic I, Pezelj-Ribaric S, Jukic S. Leakage of five root canal sealers. Int Endod J. 1999;32:415-418.
- Mohammadi Z, Yazdizadeh M. Evaluation of the antibacterial activity of new root canal sealers. J Clin Dent. 2007;18:70-2.
- 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. 2007;33:310-3.
- Monticelli F, Sword J, Martin RL, Schuster GS, Weller RN, Ferrari M, *et al.* Sealing properties of two contemporary single-cone obturation systems. Int Endod J. 2007;40:374-85.
- Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature Part 2. Influence of clinical factors. Int Endod J. 2008;41:6-31.
- Nguyen TN. Obturation of the root canal system. In Cohen S, Burns RC, editors. Pathways of the pulp. St. Louis: CV Mosby; 1994. p. 219-71.
- Nikolaus DC, Wayman B, Encinas E. The bacterial effect of citric acid and sodium hypochlorite on anaerobic bacteria. J Endod. 1988;14:31-3.
- Oddoni PG, Mello I, Coil JM, Antoniazzi JH. Coronal and apical leakage analysis of two different root canal obturation systems. Braz Oral Res. 2008;22:211-5.

- Olmos JL, Cárdenas ML, Dilascio PI. Irrigación de la dentina radicular, "in vivo", con hipoclorito de sodio y quelantes. Estudio con microscópio electrónico de barrido. *Endodoncia*. 2000;18:207-14.
- Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Graeff MS, del Carpio Perochena A, Vivan RR, Camargo EJ, *et al.* Depth and percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal obturation using a lateral compaction technique: a confocal laser scanning microscopy study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009;108:450-7.
- Ørstavik D, Nordahl I, Tibballs JE. Dimensional change following setting of root canal sealer materials. *Dent Mater*. 2001;17:512-9.
- Ozok AR, van der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR. Sealing ability of a new polydimethylsiloxane-based root canal filling material. *J Endod*. 2008;34:204-7.
- Pallarés A, Faus V. A comparative study of the sealing ability of two root canal obturation techniques. *J Endod*. 1995;21:449-50.
- Pecora JD, Cussioli AL, Guerisoli DM, Marchesan MA, SousaóNeto MD, Bruanera JA. Evaluation of ER:YAG laser and EDTAC on dentin adhesion of six endodontic sealers. *Braz Dent J*. 2001; 12:27-30.
- Peters LB, Harrison JW. A comparison of leakage of filling materials in demineralized resected root ends under vacuum and non-vacuum conditions. *Int Endod J*. 1992;25:273-8.
- Pitt Ford TR, Rowe AH. A new root canal sealer based one calcium hydroxide. *J Endod*. 1989;15:286-9.
- Pommel L, Camps J. *In vitro* apical leakage of system B compared with other filling techniques. *J Endod*. 2001;27:449-51.
- Ray HA, Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J*. 1995;28:12-8.
- Reader CM, Himel VT, Germain LP, Hoen MM. Effect of three obturation techniques on the filling of lateral canals and the main canal. *J Endod*. 1993;19:404-8.
- Rhyme BH, Solomon EA, Rabinowitz JL. Isotopic evaluation of the sealing properties of lateral condensation, vertical condensation, and Hydron. *J Endod*. 1981;7:458-61.
- Ricucci D, Grondahl K, Bergenholtz G. Periapical status of root-filled teeth exposed to the oral environment by loss of restoration or caries. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2000;90:354-9.
- Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *Int Endod J*. 1998;31:394-409.
- Romieu OJ, Jacquot B, Callas-Etienne S, Dutilleul PY, Levallois B, Cuisinier FJ. Gas permeability: a new quantitative method to assess endodontic leakage. *Biomed Tech (Berl)*. 2008;53:181-4.
- Saunders WP, Saunders EM. Coronal leakage as a cause of failure in root-canal therapy: a review. *End Dent Traumatol*. 1994;10:105-8.
- Saunders WP, Saunders EM. Influence of smear layer on the coronal leakage of thermafill and laterally condensed gutta-percha root fillings with a Glass Ionomer Sealer. *J Endod*. 1994;20:155-8.
- Schäfer E, Olthoff G. Effect of three different sealers on the sealing ability of both thermafil obturators and cold laterally compacted Gutta-Percha. *J Endod*. 2002;28:638-42.
- Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1971;32:271-5.
- Schweiki H, Schmaiz G, Federlin M. Mutagenicity of the root canal sealer AH plus in the Ames Test. *Clin Oral Investig*. 1998;2:125-9.

- Sevimay S, Kalayci A. Evaluation of apical sealing ability and adaptation to dentine of two resin-based sealers. *J Oral Rehabil.* 2005;32:105-10.
- Shemesh H, Bier CA, Wu MK, Tanomaru-Filho M, Wesselink PR. The effects of canal preparation and filling on the incidence of dentinal defects. *Int Endod J.* 2009;42:208-13.
- Shemesh H, van den Bos M, Wu MK, Wesselink PR. Glucose penetration and fluid transport through coronal root structure and filled root canals. *Int Endod J.* 2007 ;40:866-72.
- Sidaravicius B, Aleksejuniene J, Eriksen HM. Endodontic treatment and prevalence of apical periodontitis in an adult population of Vilnius, Lithuania. *Endod Dent Traumatol.* 1999;15:210-215.
- Siqueira FJ Jr, Fraga RC, Garcia PF. Evaluation of sealing ability, pH and flow rate of three calcium hydroxide-based sealers. *Endod Dent Traumatol.* 1995;11:225-8.
- Siqueira JF Jr, Batista MM, Fraga RC, de Uzeda M. Antibacterial effects of endodontic irrigants on black-pigmented gram-negative anaerobes and facultative bacteria. *J Endod.* 1998;24:414-6.
- Siqueira JF Jr, Favieri A, Gahyva SM, Moraes SR, Lima KC, Lopes HP. Antimicrobial activity and flow rate of newer and established root canal sealers. *J Endod.* 2000;26:2747.
- Siqueira JF Jr, Roças IN, Alves FR, Campos LC. Periradicular status related to the quality of coronal restorations and root canal fillings in a Brazilian population. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005;100:369-74.
- Smith JJ, Wayman BE. An evaluation of the antimicrobial effectiveness of citric acid as a root canal irrigant. *J Endod.* 1986;12:54-8.
- Souza EM, Wu MK, van der Sluis LW, Leonardo RT, Bonetti-Filho I, Wesselink PR. Effect of filling technique and root canal area on the percentage of gutta-percha in laterally compacted root fillings. *Int Endod J.* 2009;42:719-26.
- Souza, M.C. Avaliação *in vitro* da infiltração marginal em obturações de canais radiculares, em função de agentes marcadores, tempo de imersão nestes e tipos de cimentos obturadores. [Dissertação Mestrado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo; 1991.
- Spångberg L. Biological effects of root canal filling materials. 7. Reaction of bony tissue to implanted root canal filling material in guineapigs. *Odontol Tidskr.* 1969;77:133-59.
- Stratton RK, Apicella MJ, Mines P. A fluid filtration comparison of gutta-percha versus Resilon, a new soft resin endodontic obturation system. *J Endod.* 2006;32:642-5.
- Swartz DB, Skidmore AE, Griffin JA. Twenty years of endodontic success and failure. *J Endod.* 1983;9:198-202.
- Tagger M, Tagger E, Tjan AH, Bakland LK. Measurement of adhesion of endodontic sealers to dentin. *J Endod.* 2002;28:351-4.
- Tagger M, Tagger E, Tjan AH, Bakland LK. Shearing bond strength of endodontic sealers to gutta-percha. *J Endod.* 2003;29:191-3.
- Tagger M, Tamse A, Katz A, Tagger E. An improved method of three-dimensional study of apical leakage. *Quintessence Int.* 1983;14:981-98.
- Tamse A, Katz A, Kablan F. Comparison of apical leakage shown by four different dyes with two evaluating methods. *Int Endod J.* 1998;31:333-7.
- Tanomaru-Filho M, Jorge EG, Guerreiro Tanomaru JM, Gonçalves M. Radiopacity evaluation of new root canal filling materials by digitalization of images. *J Endod.* 2007;33:249-51.
- Taşdemir T, Yesilyurt C, Yildirim T, Er K. Evaluation of the radiopacity of new root canal

- paste/sealers by digital radiography. J Endod. 2008;34:1388-90.
- Tasdemir T, Yldirim T, Celik D. Comparative Study of Current Endodontic Fillings. J Endod. 2008;34:326-9
- Tauber R, Morse DR, Sinai IA, Furst ML. A magnifying lens comparative evaluation of conventional and ultrasonically energized filing. J Endod. 1983;9:269-74.
- Taylor JK, Jeanson BG, Lemon RR. Coronal Leakage: Effects of smear layer, obturation technique, and sealer. J Endod. 1997;23:508-12.
- Timpawat S, Amornchat C, Trisuwan WR. Bacterial coronal leakage after obturation with three root canal sealers. J Endod. 2001 ;27:36-9.
- Timpawat S, Sripanaratanakul S. Apical sealing ability of glass ionomer sealer with and without smear layer J Endod. 1998;24:343-5.
- Timpawat S, Vongsavan N, Messer H. Effect of removal of the smear layer on apical microleakage. J Endod. 2001;27:351-3.
- Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. *In vitro* bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. J Endod. 1990;16:566-9.
- Tronstad L, Barnett F, Flax M. Solubility and biocompatibility of calcium hydroxide-containing root canal sealers. Endod Dent Traumatol. 1988;4:152-9.
- 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.
- Venturi M, Breschi L. Evaluation of apical filling after warm vertical gutta-percha compaction using different procedures. J Endod. 2004;30:436-40.
- Wang YQ, Liu L, Yu X, Huang YX, Su Q. Comparison of two means for evaluation of apical microleakage. Shanghai Kou Qiang Yi Xue. 2009;18:90-3.
- Weine FS. *Terapéutica en endodoncia*. 2ª ed. Salvat; 1991. p. 387-434.
- White RR, Goldman M, Lin PS. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. J Endod. 1984;10:558-62.
- Whitworth JM, Baco L. Coronal leakage of sealer-only backfill: an *in vitro* evaluation. J Endod. 2005;31:280-2.
- Whitworth JM, Boursin EM. Dissolution of root canal sealer cements in volatile solvents. Int Endod J. 2000;33:19-24.
- Williams S, Goldman M, Sun Lin P. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by endodontic filling materials. Part II. J Endod. 1985;11:385-8.
- Wu MK, Bud MG, Wesselink PR. The quality of single cone and laterally compacted gutta-percha fillings in small and curved root canals as evidenced by bidirectional radiographs and fluid transport measurements. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2009;108:946-51.
- Wu MK, Degee AJ, Wesselink PR, Moorers WR. Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings. Int Endod J. 1993;26:203-8.
- Wu MK, Fan B, Wesselink PR. Diminished leakage along root canals filled with gutta-percha without sealer over time: a laboratory study. Int Endod J. 2000;33:121-5.
- 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. 2000;26:210-6.
- Wu MK, Ozok AR, Wesselink PR. Sealer distribution in root canals obturated by three techniques. Int Endod J. 2000;33:340-5.

Wu MK, Tigos E, Wesselink PR. An 18-month longitudinal study on a new silicon-based sealer, RSA RoekoSeal: a leakage study *in vitro*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2002;94:499-502.

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

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

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

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

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

Yamaguchi M, Yoshida K, Suzuki R, Nakamura H. Root canal irrigation with citric acid solution. J Endod. 1996;22:27-9.

Yiu CK, García-Godoy F, Tay FR, Pashley DH, Imazato S, King NM, et al. A nanoleakage perspective on bonding to oxidized dentin. J Dent Res. 2002;81:628-32.

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

Zehnder M, Schmidlin P, Sener B, Waltimo T. Chelation in root canal therapy reconsidered. J Endod. 2005;31:817-20.

Zielinski TM, Baumgartner JC, Marshall JG. An evaluation of Guttaflow and gutta-percha in the filling of lateral grooves and depressions. J Endod. 2008;34:295-8.

Zmener O, Pameijer CH, Serrano SA, Vidueira M, Macchi RL. Significance of moist root canal dentin with the use of methacrylate-based endodontic sealers: an *in vitro* coronal dye leakage study. J Endod. 2008;34:76-9.

Zmener O, Spielberg C, Lamberghini F, Rucci M. Sealing properties of a new epoxy resin-based root-canal sealer. Int Endod J. 1997;30:332-334.