



ugr

Universidad
de Granada



ADHESIÓN DE SELLADORES ENDODÓNTICOS A DENTINA RADICULAR

AUTOR

JUAN BAUTISTA RODRÍGUEZ MARTÍNEZ

DIRECTORES

Carmen María Ferrer Luque
Santiago González López
María Paloma González Rodríguez

GRANADA, 2007



ugr | Universidad
de Granada



Los abajo firmantes informamos:

Que los trabajos efectuados en la elaboración de la Tesis Doctoral titulada: “ADHESIÓN DE SELLADORES ENDODÓNTICOS A DENTINA RADICULAR”, presentada por D. Juan Bautista Rodríguez Martínez, han sido realizados bajo nuestra supervisión y dirección, y reúnen las condiciones académicas necesarias para optar al Título de Doctor, si así lo considera el Tribunal designado por la Universidad de Granada.

En Granada, a quince de abril de dos mil siete.

Fdo.: Profa. Carmen
María Ferrer Luque
Profesora TITULAR

Fdo.: Prof. Santiago
González López
Profesor TITULAR

Fdo.: Profa. María Paloma
González Rodríguez
Profª. CONTRATADA DOCTOR

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

AGRADECIMIENTOS

A mis directores de Tesis, por su dedicación, tiempo y paciencia.

A Judy, por su colaboración en el procesado de las muestras.

Al profesor de la Macorra, por prestarnos la probeta de estudio.

A mi familia y amigos.



CAPÍTULO 1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	9
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	9
1.2. OBJETIVOS.....	12
CAPÍTULO 2. INTRODUCCIÓN	13
2.1. ADHESIÓN A DENTINA.....	13
2.1.1. CONCEPTOS GENERALES	13
2.1.2. FACTORES DENTARIOS QUE AFECTAN A LA ADHESIÓN A DENTINA	15
2.1.2.1. Características regionales del sustrato	15
2.1.2.2. Formación del barrillo dentinario.....	17
2.1.3. SISTEMAS DE ADHESIÓN	19
2.1.3.1. Adhesivos dentinarios de grabado y lavado	20
2.1.3.2. Adhesivos dentinarios de autograbado.....	21
2.1.3.3. Adhesivos dentinarios basados en ionómero de vidrio	22
2.2. CEMENTOS SELLADORES ENDODÓNTICOS	22
2.2.1. AH Plus™.....	25
2.2.2. EndoREZ®	26
2.3. ADHESIÓN A DENTINA RADICULAR	27
CAPÍTULO 3. MATERIAL Y MÉTODOS	31
3.1. MATERIAL	31
3.2. MÉTODOS	35
3.2.1. PREPARACIÓN DE LOS ESPECIMENES	35
3.2.2. PROCEDIMIENTOS DE ADHESIÓN	36
3.2.3. PRUEBAS DE MICROTENSIÓN.....	40
3.2.4. ANÁLISIS DE LOS DATOS	42

CAPÍTULO 4. RESULTADOS	43
4.1. ANÁLISIS FACTORIAL COMPLETO	43
4.2. VALORES DE MICROTENSIÓN	44
4.2.1. AH Plus™	44
4.2.2. EndoREZ®	45
4.3. INFLUENCIA DEL CEMENTO SELLADOR.....	46
4.3.1. TERCIO CORONAL	46
4.3.2. TERCIO MEDIO	46
4.4. INFLUENCIA DE LA PREPARACIÓN	47
4.4.1. AH Plus™	47
4.4.2. EndoREZ®	49
4.5. INFLUENCIA DEL TERCIO RADICULAR	50
4.5.1. AH Plus™	50
4.5.2. EndoREZ®	51
4.6. PATRÓN DE FRACTURA.....	52
4.6.1. AH Plus™	52
4.6.2. EndoREZ®	52
4.7. IMÁGENES DEL PATRÓN DE FRACTURA	53
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN	57
5.1. VALIDEZ INTERNA DEL ESTUDIO	58
5.2. ADHESIÓN A DENTINA RADICULAR.....	61
5.3. INFLUENCIA DEL HIPOCLORITO DE SODIO.....	65
5.4. INFLUENCIA DE LA REGIÓN RADICULAR	67
5.5. PATRÓN DE FRACTURA.....	68
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES	71
CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA	73



1.1. JUSTIFICACIÓN

Obtener un sellado tridimensional hermético, a nivel apical y coronal del conducto radicular, es una de las claves para lograr el éxito del tratamiento endodóntico. El uso de cementos selladores en combinación con gutta-percha, ya sea plastificada por calor o condensada en frío, es fundamental para lograr este objetivo¹.

Los primeros cementos endodónticos desarrollados para uso clínico eran una modificación de los cementos de óxido de zinc-eugenol basados en la fórmula de Grossman o Rickert². Dichos cementos han sido utilizados durante bastante tiempo por muchos profesionales. Los cementos basados en resinas plásticas son selladores con demostrada solvencia clínica³; que se desarrollaron en Europa con la finalidad de conseguir un sellado estable en el interior de los conductos radiculares. En la década de los ochenta se introdujeron los cementos selladores basados en hidróxido de calcio con objeto de estimular la formación de tejido duro para el cierre apical⁴. Posteriormente, fueron lanzados al mercado cementos selladores formulados en base a ionómero de vidrio, debido a las propiedades de estos materiales para unir a la dentina⁵.

¹ Skinner R, Himel VT. The sealing ability of injection-molded thermoplasticized gutta-percha with and without the use of sealers. *J Endod.* 1987;13(7):315-7.

² Grossmann LI. Physical properties of root canal cements. *J Endod* 1976;2(6):166-75.

³ Orstavik D. Endodontic materials. *Adv Dent Res.* 1988;2(1):12-24.

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

⁵ Weiger R, Heuchert T, Hahn R, Löst C. Adhesión of a glass ionomer cement to human radicular dentine. *Endod Dent Traumatol.* 1995;11(5):214-9.

Uno de los requisitos que según Grossman⁶ e Ingle⁷ debe poseer un buen sellador de conductos es que «debe ser pegajoso, una vez mezclado, para adherirse tanto al material de núcleo como a las paredes de la dentina».

En condiciones ideales, un cemento sellador debería unir firmemente, por un lado, a la pared dentinaria y, por otro, al material de núcleo. La fuerza de unión obtenida es distinta para cada sellador y está relacionada con la composición química del mismo, así como con el pretratamiento de la dentina antes de realizar la obturación del conducto radicular.

Las propiedades adhesivas de los cementos selladores son muy variables. Apenas cabe esperar alguna interacción específica con la dentina o la gutapercha por parte de los cementos basados en hidróxido de calcio. El cemento de óxido de zinc-eugenol debería adherir tanto a dentina como a gutapercha, debido a la reacción de quelación que ocurre con el ión zinc del óxido de zinc, con la fase de óxido de zinc de la gutapercha y con el calcio de la fase mineral de la dentina. Por último, el cemento de ionómero de vidrio une a dentina, pero también puede adherirse a la gutapercha debido a la reacción del ácido policarboxílico del ionómero de vidrio con la fase de zinc de la gutapercha⁸.

En la práctica clínica se utilizan cementos selladores basados en resinas adhesivas que proporcionan micro-retención más que una verdadera unión química a las paredes del conducto. Esta «adhesión» a las paredes dentinarias evitaría, en una situación estática, la penetración de fluidos a través de huecos existentes entre el material de relleno y las paredes del canal radicular; y en una situación dinámica, el desplazamiento del material de relleno del conducto cuando es sometido a manipulación, como ocurre durante la eliminación del relleno del conducto para la colocación de un poste⁹.

La acción de los instrumentos endodónticos durante la preparación biomecánica del conducto radicular, deja una capa de detritus en las paredes dentinarias conocida como barrillo dentinario o «smear layer». Dicha capa impide la penetración de los cementos selladores en los túbulos dentinarios y, por tanto, la micro-retención del relleno endodóntico. La eliminación del barrillo dentinario mejora la unión de los cementos selladores a las paredes dentinarias del conducto radicular. Se ha comprobado que el uso de agentes acondicionadores de dentina tales como el ácido fosfórico, el ácido cítrico, o soluciones de la sal disódica del ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), asociados al uso de cementos de ionómero de vidrio y

⁶ Grossmann LI. Physical properties of root canal cements. *J Endod* 1976;2(6):166-75.

⁷ Ingle JI, West JD. Obturación del espacio radicular. En: Ingle JI, Bakland LK, eds. *Endodoncia* 4ª ed. México: McGraw-Hill Interamericana, 1996, pag.244.

⁸ Lee KW, Williams MC, Camps JJ, Pashley DH. Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. *J Endod*. 2002;28(10):684-8.

⁹ Orstavik D, Eriksen HM, Beyer-Olsen EM. Adhesive properties and leakage of root canal sealers in vitro. *Int Endod J*. 1983;16(2):59-63.

selladores basados en resinas, puede mejorar la adhesión^{10,11} a dentina radicular.

El empleo de adhesivos dentinarios en la obturación de conductos radiculares, previo al uso de cementos selladores basados en resinas, es una práctica poco habitual en Endodoncia. No obstante, el uso combinado de un adhesivo dentinario y un cemento sellador formulado en base a resina adhesiva mejora la unión del relleno endodóntico a las paredes dentinarias^{12,13}.

Aunque las fuerzas de unión a las paredes del conducto radicular desarrolladas por estos sistemas de adhesión a dentina sean bajas, en comparación a las que obtienen estos mismos adhesivos dentinarios en pruebas de microtensión en dentina coronal; los resultados podrían traducirse en una mejora del sellado tridimensional hermético del conducto, evitando microfiltraciones y desplazamientos del material de obturación.

Hasta el momento, las pruebas de microtensión han sido aplicadas con éxito en dentina coronal humana y dentina coronal animal. La utilización de este tipo de pruebas para medir la fuerza tensil en dentina radicular es limitada^{14,15,16,17}.

¹⁰ Timpawat S, Harnirattisai C, Senawongs P. Adhesion of a glass-ionomer root canal sealer to the root canal wall. *J Endod.* 2001;27(3):168-71.

¹¹ Gogos C, Stavrianos C, Kolokouris I, Papadoyannis I, Economices N. Shear bond strength of AH-26 root canal sealer to dentine using three dentine bonding agents. *J Dent.* 2003;31(5):321-6.

¹² Hayashi M, Takahashi Y, Hirai M, Iwami Y, Imazato S, Ebisu S. Effect of endodontic irrigation on bonding of resin cement to radicular dentin. *Eur J Oral Sci.* 2005;113(1):70-6.

¹³ Gogos C, Stavrianos C, Kolokouris I, Papadoyannis I, Economices N. Shear bond strength of AH-26 root canal sealer to dentine using three dentine bonding agents. *J Dent.* 2003;31(5):321-6.

¹⁴ Nakamichi I, Iwaku M, Fusayama T. Bovine teeth as possible substitutes in the adhesion test. *J Dent Res.* 1983;62(10):1076-81.

¹⁵ Saunders WP. The shear impact retentive strengths of four dentine bonding agents to human and bovine dentine. *J Dent Res.* 1988;67(5):233-8.

¹⁶ Schilke R, Bauss O, Lisson JA, Schuckar M, Geurtsen W. Bovine dentin as a substitute for human dentin in shear bond strength measurements. *Am J Dent.* 1999;12(2):92-6.

¹⁷ Reeves GW, Fitchie JG, Hembree JH Jr, Puckett AD. Microleakage of new dentin bonding systems using human and bovine teeth. *Oper Dent.* 1995;20(6):230-5.

1.2. OBJETIVOS

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, los objetivos que se han planteado en este trabajo de investigación han sido los siguientes:

1. Comparar la adhesión a dentina radicular de los cementos selladores basados en resina AH Plus™ y EndoREZ®; con o sin el uso de hipoclorito de sodio al 5% y con los adhesivos dentinarios Optibond® Solo Plus™ Dual Cure y Clearfil™ Liner Bond 2V.
2. Estudiar la influencia de los sistemas adhesivos de grabado total Optibond® Solo Plus™ Dual Cure y de autograbado Clearfil™ Liner Bond 2V en la fuerza de adhesión a dentina radicular de AH Plus™ y EndoREZ®.
3. Analizar la influencia del hipoclorito de sodio al 5% en la fuerza de unión a dentina radicular de AH Plus™ y EndoREZ®, asociado o no al adhesivo dentinario Optibond® Solo Plus™ Dual Cure.
4. Evaluar la influencia de la región del sustrato, tercio coronal y medio, en la fuerza de unión a dentina radicular de AH Plus™ y EndoREZ®, en combinación o no con hipoclorito de sodio al 5%, Optibond® Solo Plus™ Dual Cure o Clearfil™ Liner Bond 2V.
5. Determinar el tipo de fallo de los especímenes tras someterlos a pruebas de microtensión.



2.1. ADHESIÓN A DENTINA

2.1.1. CONCEPTOS GENERALES

El diccionario de la Real Academia de la Lengua¹⁸ define adhesión como acción o efecto de adherirse. Fuerzas de adhesión son aquellas fuerzas de atracción que mantienen unidas moléculas de distintas especies químicas, mientras que las fuerzas de cohesión son aquellas que mantienen unidas moléculas de un mismo cuerpo.

En física, la adhesión se refiere a fuerzas de atracción entre partículas en distancias atómicas. No obstante, en la actualidad, este término se utiliza para cuantificar la resistencia de la unión entre dos materiales sometidos a separación bajo una cierta prueba de carga^{19,20,21}.

¹⁸ Real Academia de la Lengua Española. Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, 22ª ed. Madrid: Espasa-Calpe; 2001.

¹⁹ Allen KW. Theories of adhesión. En: Packham DE, ed. Handbook of adhesión. Essex: Longman Scientific & Technical; 1992. p. 473-475.

²⁰ O'Brien WJ. Surface phenomena and adhesión. En: O'Brien WJ, ed. Dental Materials, properties and selection. Chicago, IL: Quintessence; 1989. p. 71-88.

²¹ Packham DE. Adhesión. En: Packham DE, ed. Handbook of adhesión. Essex: Longman Scientific & Technical; 1992. p. 18-20.

En la literatura odontológica, el término adhesión se utiliza habitualmente para definir tres mecanismos de adhesión diferentes o una combinación de éstos²². Estos mecanismos pueden ser:

- **Adhesión química.** Está basada en las fuerzas de valencia primaria. Las partículas cargadas son intercambiadas entre los dos materiales (ejemplo: uniones iónicas, covalentes y metálicas).

- **Adhesión física.** Está basada en fuerzas de valencia secundarias. Las fuerzas de atracción ocurren por la interacción de dipolos o la interacción de una nube de electrones desprotegidos.

- **Adhesión mecánica.** Se refiere a la penetración de un material en otro a nivel microscópico.

La adhesión química y física es el mecanismo responsable de la unión de metal a porcelana y de las soldaduras. La retención de la placa bacteriana y el cálculo a la superficie dental se debe a mecanismos de adhesión física. Mientras que la mayoría de los sistemas basados en resina sólo adhieren al tejido duro dentario mediante uniones micro-mecánicas, la adhesión del cemento de vidrio ionómero a tejidos mineralizados es, principalmente, de naturaleza química.

Para obtener alguna de estas formas de adhesión es necesario un contacto íntimo entre las dos sustancias a unir. El mecanismo más común para conseguir este contacto es que uno de los materiales se encuentre en un estado plástico-líquido que le permita fluir sobre el otro. El líquido se llama adhesivo y el sólido sustrato. La unión se alcanza tras la solidificación del adhesivo. Para comprender esta unión se comentarán, de forma somera, algunos condicionantes físicos.

La energía superficial de un sólido procede de la mayor movilidad de los átomos que se encuentran en su superficie externa. Estos átomos no compensan su carga con los átomos vecinos, como ocurre en el interior del material. Los átomos de la superficie son atraídos hacia el núcleo del material, causando una fuerza de contracción denominado tensión superficial.

En los líquidos, esta tensión superficial los mantiene en forma de gota. La humectancia es la capacidad de difusión por la cual una gota de líquido fluye a través de la superficie de un sólido. La medida de la humectancia es el ángulo de contacto que se forma con la tangente a la gota y la superficie del sólido en el punto de contacto. Existe una buena humectancia

²² van Amerongen JP, Davidson CL, Opdam NJM, Roeters FJM, Kidd EAM. Restoring the tooth: "the seal is the deal". En: Fejerskov O, Kidd EAM, eds. Dental Caries. The disease and its clinical management. Oxford: Blackwell Munkgaard; 2003. p.275-292.

cuando la atracción entre las moléculas del sustrato y las del líquido es fuerte. Esta atracción está influenciada por la energía superficial.

Además, la energía superficial de un líquido tiende a crear una presión que favorece la entrada del líquido en el interior de túbulos delgados o capilares.

2.1.2. FACTORES DENTARIOS QUE AFECTAN A LA ADHESIÓN A DENTINA

2.1.2.1. Características regionales del sustrato

La dentina es un tejido conjuntivo de menor dureza que el esmalte y mayor elasticidad, estas diferencias se derivan de las variaciones en la composición de ambos tejidos. Mientras que el esmalte posee un alto contenido de materia inorgánica, un 97% del peso, en forma de cristales de hidroxiapatita y un 3% de agua, la dentina está formada por una matriz orgánica que representa el 20% de su peso y que está compuesta fundamentalmente por fibras de colágeno tipo I, además de un 10% de agua^{23,24}.

La dentina se comunica con el tejido pulpar mediante numerosos túbulos o canales que la atraviesan desde la pulpa a la unión amelodentinaria y que albergan a los procesos odontoblásticos. Los túbulos de la dentina son cónicos-alargados y se disponen en forma radial divergente desde la pulpa hacia el esmalte. Debido a la presión pulpar, estos túbulos están constantemente llenos de fluido originado en la pulpa; generando de esta manera un flujo lento pero continuo. Este hecho hace que la humedad sea una característica fundamental del sustrato dentinario²⁵.

El número y el diámetro de los túbulos varían según su proximidad con la pulpa, su localización en el diente y la edad del paciente. Cuanto más cerca estén de la pulpa, mayor será la permeabilidad de la dentina y la humedad intrínseca. El área de la dentina ocupada por los túbulos disminuye conforme éstos se alejan de la pulpa. El número de túbulos disminuye de unos 45.000 a 50.000 por mm² en la pulpa a unos 15.000 a 20.000 por mm² en la unión amelodentinaria de la dentina coronal (22% del área transversal de la pulpa y un 1% cerca del esmalte)²⁶.

²³ Marshall Jr GW. Dentin: microstructure and characterization. *Quintessence Int.* 1993;24(9):606-17.

²⁴ Mjör IA, Fejerskov O. *Embriología e histología oral humana*. Barcelona: Salvat; 1989. p. 83.

²⁵ Bottino MA, Cagnone GR. *Estética en rehabilitación oral: metal free*. Sao Paulo: Artes Médicas; 2001. p. 27.

²⁶ Mjör IA, Nordahl I. The density and branching of dentinal tubules in human teeth. *Arch Oral Biol.* 1996;41(5):401-12.

El diámetro tubular también varía: en dentina profunda existen túbulos de unas 2,5 μm , mientras que en dentina superficial el diámetro tubular es de 1 μm ²⁷.

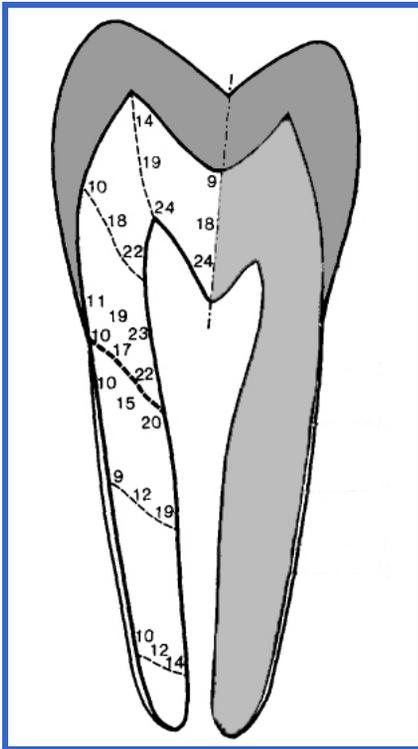


Figura 1. Diagrama de un diente que muestra la densidad de túbulos dentinarios (imagen modificada de Mjör & Nordahl²⁸). La densidad de túbulos dentinarios se expresa como el número de túbulos por 100 micras.

La densidad tubular de la dentina pulpar coronal es significativamente mayor que la densidad de la dentina radicular^{29,30,31}. La dentina radicular apical presenta menos túbulos para la penetración de la resina que la dentina radicular coronal y media.

²⁷ Garberoglio R, Brännström M. Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. Arch Oral Biol. 1976;21(6):355-62.

²⁸ Mjör IA, Nordahl I. The density and branching of dentinal tubules in human teeth. Arch Oral Biol. 1996;41(5):401-12.

²⁹ Ferrari M, Manocci F, Vichi A, Cagidiaco MC, Mjör IA. Bonding to root canal: structural characteristics of the substrate. Am J Dent. 2000;13(5):255-60.

³⁰ Mjör IA, Nordahl I. The density and branching of dentinal tubules in human teeth. Arch Oral Biol. 1996;41(5):401-12.

³¹ Mjör IA, Smith MR, Ferrari M, Manocci F. The structure of dentine in the apical region of human teeth. Int Endod J. 2001;34(5):346-53.

Tabla 1. Densidad de túbulos en la dentina radicular.

DENTINA RADICULAR	Túbulos/mm ²		
	Mjör & Nordahl 1996 ³²	Ferrari et al. 2000 ³³	Mjör et al. 2001 ³⁴
Tercio coronal	40.000	36.350	---
Tercio medio	36.100	28.130	---
Tercio apical	19.600	22.630	14.400

Circunscribiendo cada túbulo se encuentra la dentina peritubular que está compuesta por una mayor cantidad de componente mineral. Localizada entre los túbulos se encuentra la dentina intertubular, que está esencialmente constituida de fibras colágenas envueltas por cristales de hidroxipatita.

2.1.2.2. Formación del barrillo dentinario

Durante las maniobras de preparación del conducto se crean residuos de dentina por la acción de corte de los instrumentos, los cuales se incorporan a los restos de material orgánico (proteínas coaguladas, tejido pulpar vivo o necrótico, procesos odontoblásticos, células sanguíneas, saliva y microorganismos) y de las soluciones irrigadoras; formando una capa de barrillo dentinario que se adhiere a las paredes del conducto radicular³⁵

En esta capa pueden distinguirse dos zonas: una primera, de 1 ó 2 micras de espesor, compuesta principalmente por materia orgánica y restos de dentina; y una segunda capa, que se introduce en el interior de los túbulos dentinarios hasta una profundidad de unas 40 micras y que está formada, en gran parte, por fragmentos residuales de dentina³⁶.

³² Mjör IA, Nordahl I. The density and branching of dentinal tubules in human teeth. Arch Oral Biol. 1996;41(5):401-12.

³³ Ferrari M, Manocci F, Vichi A, Cagidiaco MC, Mjör IA. Bonding to root canal: structural characteristics of the substrate. Am J Dent. 2000;13(5):255-60.

³⁴ Mjör IA, Smith MR, Ferrari M, Manocci F. The structure of dentine in the apical region of human teeth. Int Endod J. 2001;34(5):346-53.

³⁵ Teixeira CS, Felipe MCS, Felipe WT. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. Int Endod J. 2005;38(5):285-90.

³⁶ Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. J Endod. 1984;10(10):477-83.

Esta capa da como resultado la obstrucción de la luz de los túbulos de la dentina. El material forzado hacia el interior constituye los llamados «smear plugs» o tapones de barrillo. El barrillo dentinario aísla la dentina subyacente, dificultando la interacción directa de los sistemas adhesivos con este sustrato. Su espesor varía según el tipo de instrumento de corte empleado, utilización de refrigeración, velocidad de corte y región de la dentina preparada³⁷.

No existe un consenso claro en la comunidad científica respecto a la remoción o no del barrillo dentinario³⁸.

Algunos autores defienden las ventajas de preservarlo, argumentando que esta capa inhibe la colonización bacteriana, porque actúa como una barrera de difusión que disminuye la permeabilidad dentinaria y el paso de bacterias al interior de los túbulos dentinarios^{39,40,41,42}.

Sin embargo, el barrillo dentinario es poroso y tiene microcanales entre sus partículas, que permiten la difusión de toxinas microbianas y agentes nocivos hacia el exterior. Además, puede ser fácilmente hidrolizado por fluidos pulpares o por fluidos procedentes de la microfiltración marginal, facilitando su descomposición con el tiempo⁴³.

La mayoría de autores abogan por su eliminación debido a que:

- Esta capa contiene microorganismos o fracciones celulares⁴⁴.
- Funciona como una barrera para la difusión de soluciones antibacterianas, impidiendo su penetración en los túbulos dentinarios⁴⁵.

³⁷ Czonstkowsky M, Wilson EG, Holstein FA. The smear layer in endodontics. *Dent Clin North Am.* 1990;34(1):13-25.

³⁸ Gouveia MA, Fontes Carvalho M, Paulo M. Smear layer en Endodoncia: una revisión bibliográfica. *Endodoncia.* 2002;20:100-8.

³⁹ Ciucchi B, Khettabi M, Holz J. The effectiveness of different endodontic irrigation procedures on the removal of the smear layer: A scanning electron microscopic study. *Int Endod J.* 1989;22(1):21-8.

⁴⁰ Buttler TK, Crawford JJ. The detoxifying effect of varying concentration of sodium hypochlorite on endotoxins. *J Endod.* 1982;8(2):59-66.

⁴¹ Yguel-Henry S, Vannesson H, Von Stebut J. High precision, simulated cutting efficiency measurement of endodontic root canal instruments: influence of file configuration and lubrication. *J Endod.* 1990;16(9):418-22.

⁴² Calt S, Serper A. Smear layer removal by EGTA. *J Endod.* 2000;26(8):459-61.

⁴³ Fogel HM, Pashley DH. Dentin permeability: effects of endodontic procedures on root slabs. *J Endod.* 1990;16(9):442-5.

⁴⁴ White RR, Goldman M, Lin PS. The influence of the smear-layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *J Endod.* 1984;10(12):558-62.

⁴⁵ Tauber R, Morse DR, Sinai IA, Furst ML. A magnifying lens comparative evaluation of conventional and ultrasonically energized filling. *J Endod.* 1983;9(7):269-74.

- Crea un medio adecuado para la proliferación de microorganismos, siendo un reservorio de potenciales irritantes⁴⁶.
- Constituye una barrera física para los materiales que tienen la capacidad de fluir al interior de los túbulos⁴⁷.

2.1.3. SISTEMAS DE ADHESIÓN

Actualmente existen tres tendencias en lo que a mecanismos de adhesión a dentina se refiere:

- La adhesión se logra eliminando el barrillo dentinario y simultáneamente desmineralizando la dentina peritubular hasta una cierta profundidad. Estos sistemas de adhesión provocan un aumento importante de la permeabilidad dentinaria, ya que dan lugar a un aumento variable del diámetro tubular. La adhesión se origina a expensas de la infiltración de la resina entre las fibras de colágeno además de la interdigitación dentro de los túbulos dentinarios.

- En segundo lugar se situarían los sistemas adhesivos que consiguen adhesión preservando el barrillo dentinario e infiltrándolo con un monómero hidrofílico con afinidad por la parte orgánica e inorgánica de la capa que recubre a la dentina. Los túbulos permanecerían obliterados.

- Un tercer grupo de sistemas adhesivos eliminan parcialmente el barrillo dentinario, dejando los túbulos parcialmente obliterados. Esto indica que parte del barrillo dentinario es modificado selectivamente resultando una zona de interdifusión dentina-resina, sin interdigitaciones de resina en el interior del túbulo.

Los materiales que parecen proporcionar mejor sellado tubular y mayor adhesión son los del primer grupo, seguidos de los del tercero, siempre que se utilice una sustancia desmineralizante sobre la dentina que no afecte la integridad de las fibras colágenas.

Los sistemas adhesivos están compuestos fundamentalmente de tres elementos:

⁴⁶ Fogel HM, Pashley DH. Dentin permeability: effects of endodontic procedures on root slabs. *J Endod.* 1990;16(9):442-5.

⁴⁷ Goya C, Yamazaki R, Tomita Y, Kimura Y, Matsumoto K. Effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation on smear layere at the apical stop and apical leakage after obturation. *Int. Endod J.* 2000;33(3):266-71.

1. **Acondicionador:** solución ácida compuesta más comúnmente por ácido fosfórico, maleico o cítrico, utilizada para remover el barrillo dentinario y desmineralizar superficialmente la dentina.

2. **Agente promotor de la adhesión o «Primer»:** solución compuesta por monómeros hidrofílicos disueltos en solventes orgánicos como etanol, acetona o agua, a los que se han añadido fotoiniciadores. Se utiliza para impregnar la red de fibras colágenas expuestas, formando la capa híbrida.

3. **Adhesivo o «Bond»:** compuesto por una mezcla de monómeros hidrofóbicos, hidrofílicos y fotoiniciadores. Tiene como objetivo hacer la conexión entre el colágeno impregnado y el material restaurador de resina utilizado.

Estos sistemas pueden incorporar, en algunos productos, además de los fotoiniciadores, iniciadores químicos de la polimerización.

Actualmente existen tres tipos de sistemas de adhesión a esmalte y dentina: sistemas adhesivos de grabado y lavado («*etch&rinse*»), sistemas adhesivos de autograbado («*self-etch*») y adhesivos formulados con vidrio ionómero («*glass-ionomer*») ⁴⁸.

2.1.3.1. Adhesivos dentinarios de grabado y lavado

Los adhesivos de este primer grupo se aplican, al menos, en dos pasos y en su forma más convencional en tres pasos. El uso del agente grabador y su posterior lavado, va seguido de la aplicación del primer o agente promotor de la adhesión y del agente adhesivo o resina adhesiva. La forma simplificada combina el segundo y tercer paso pero mantiene una fase separada de grabado y lavado.

La técnica de grabado y lavado es todavía la más efectiva para alcanzar una unión a esmalte y dentina eficiente y estable (predecible y duradera) y, básicamente, sólo requiere dos pasos. La disolución selectiva de los cristales de hidroxiapatita, tras el grabado, es seguido por una polimerización de la resina *in situ*, que es rápidamente absorbida por la atracción capilar de los huecos creados tras el grabado, incluyendo los cristales de hidroxiapatita expuestos. Dentro del entramado creado tras el grabado se entrecruzan dos tipos de «tags» de resina: los «macro-tags», que rellenan el espacio circundante a los prismas de esmalte, y los numerosos «micro-tags» que resultan de la infiltración/polimerización dentro de las diminutas oquedades del cuerpo de los prismas del esmalte grabados. La mayoría de los «micro-tags» contribuyen especialmente a la retención al esmalte.

⁴⁸ Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. Oper Dent. 2003;28(3):215-35.

En dentina, el tratamiento con ácido fosfórico expone una red de colágeno microporosa que está totalmente desprovista de hidroxiapatita. El mecanismo de adhesión primaria, resultante de ello, está basado en la difusión y depende de la hibridación o infiltración de la resina dentro de la malla de colágeno expuesta, la cual debe ser tan completa como sea posible. La verdadera unión química es bastante improbable, ya que los grupos funcionales de monómeros pueden tener sólo una débil afinidad por el colágeno libre de hidroxiapatita.

EL paso más crítico de la técnica de grabado y lavado es la imprimación. Cuando se utiliza un adhesivo basado en acetona, es obligatoria una técnica de adhesión húmeda («wet-bonding»), la cual es muy sensible. Sin embargo, la imprimación después del secado con aire con una técnica de adhesión seca, garantiza una efectiva adhesión cuando se utiliza un adhesivo basado en agua o etanol.

2.1.3.2. Adhesivos dentinarios de autograbado

Probablemente, de acuerdo con la sensibilidad de la técnica, este sistema es el más prometedor. No necesita tanto tiempo como la técnica de grabado y lavado con lo cual disminuye la sensibilidad y el riesgo de errores durante la aplicación y la manipulación del material. Otra ventaja es que la infiltración de la resina se produce simultáneamente con el proceso de autograbado, por lo que no existe riesgo de discrepancia entre ambos procesos.

Sin embargo, el efecto a largo plazo de la incorporación de los cristales de hidroxiapatita y del remanente residual del barrillo dentinario en la unión es poco conocido. Tampoco se sabe qué cantidad del primer y del solvente del adhesivo se mantiene dentro de la estructura interfacial. Este exceso de solvente podría debilitar la integridad de la adhesión, proporcionar canales para la nanofiltración o afectar la polimerización de los monómeros infiltrados. La estructura resultante puede hacerse más hidrofílica y, debido a ello, más propensa a la degradación hidrolítica.

Los adhesivos de auto-grabado pueden ser aplicados en uno o dos pasos. El efecto de auto-grabado debe ser atribuido a los monómeros que se integran con uno o más grupos carboxílicos o fosfato ácidos. Dependiendo de la agresividad del grabado, estos adhesivos pueden clasificarse en fuertes o moderados.

Los adhesivos de auto-grabado fuertes suelen tener un pH igual o menor de 1. Esta alta acidez resulta en un efecto de desmineralización más profunda. En esmalte, el patrón de grabado ácido resultante se parece al tratamiento con ácido fosfórico. En dentina, el colágeno es expuesto y toda la hidroxiapatita cercana se disuelve. En consecuencia, el mecanismo fundamental de unión de los adhesivos de auto-grabado fuertes está basado en

la difusión, similar a los de grabado y lavado. Estos adhesivos de pH bajo suelen mostrar unos valores de adhesión bajos, especialmente en dentina. Más allá de esta acidez inicial que parece debilitar la unión, otro problema es el efecto residual del solvente, el agua, que permanece dentro de la interfase adhesiva sin poder ser eliminado completamente.

Los adhesivos auto-grabantes medios tienen un pH alrededor de 2 y desmineralizan dentina sólo hasta una profundidad de 1 μm . Esta desmineralización superficial ocurre parcialmente, manteniendo la hidroxiapatita residual unida al colágeno. No obstante se crea una porosidad superficial suficiente para obtener una unión micromecánica a través de la hibridación. El espesor de la capa híbrida es mucho más pequeño que el que originado por los adhesivos auto-grabantes fuertes y los adhesivos de grabado y lavado, aunque se ha demostrado que tiene menos importancia en el concepto actual de efectividad de la adhesión. La preservación de la hidroxiapatita dentro de la capa submicrónica puede servir como receptor para una adhesión química adicional.

2.1.3.3. Adhesivos dentinarios basados en ionómero de vidrio

Este sistema es el único que adhiere al tejido dental, en principio, sin pretratamiento. Aunque es cierto que el pretratamiento con ácido polialqueñoico aumenta significativamente la eficacia de la adhesión. Este sistema puede ser clasificado como procedimiento de uno o dos pasos. El paso adicional de acondicionamiento llega a ser muy importante especialmente cuando se utilizan fresas de diamante y, consecuentemente, se produce un barrillo dentinario espeso y compacto.

El aumento en la eficacia de adhesión puede ser atribuido a: 1- un efecto de limpieza por el cual se eliminan los restos derivados de la preparación mecánica, 2- el efecto de desmineralización parcial, por el cual se incrementa el área superficial y se exponen las microporosidades para la hibridación, y 3- la interacción química del ácido polialqueñoico con la hidroxiapatita.

2.2. CEMENTOS SELLADORES ENDODÓNTICOS

Existen una gran variedad de cementos selladores endodónticos en el mercado, los cuales pueden ser clasificados atendiendo a su composición química⁴⁹.

⁴⁹ Canalda Salhi C. Obturación de los conductos radiculares. En: Canalda Salhi C, Brau Aguadé E, eds. Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas. Barcelona: Masson; 2006. p. 209-37.

Tabla 2. Cementos selladores endodónticos clasificados según su composición química.

COMPONENTE PRINCIPAL	CEMENTOS SELLADORES
ÓXIDO DE ZINC-EUGENOL	<ul style="list-style-type: none"> - Cemento de Grossman (Star Dental, Sultan Chemist). - Cemento de Rickert (Sybron Kerr). - Tubli-Seal (Kerr). - Tubli-Seal EWT (Kerr). - Endométhasone (Septodont). - N2 (Agsa). - Rocanal™ 2 y 3 (La Maison Dentaire). - Treatment Spad (Spad). - Roth (Roth Int).
HIDRÓXIDO DE CALCIO	<ul style="list-style-type: none"> - Sealapex (Sybron Kerr). - Calciobiotic Root Canal Sealer o CRCS™ (Hygenic). - Apexit® (Vivadent). - Vitapex® (Neo Dental Chemical Products).
IONÓMERO DE VIDRIO	<ul style="list-style-type: none"> - Ketac™-Endo (Espe).
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 POLIÉSTERES	<ul style="list-style-type: none"> - Kloroperka N-O (N-O Therapeutics). - Epiphany® (Pentron). - RealSeal™ (SybronEndo).

Los selladores endodónticos basados en óxido de zinc-eugenol han sido utilizados durante décadas en la obturación de conductos radiculares debido a sus satisfactorias propiedades físico-química⁵⁰. En un intento de mejorar la biocompatibilidad de los cementos fabricados con óxido de zinc-eugenol, manteniendo sus propiedades físicas, surgen los cementos selladores basados en hidróxido de calcio^{51,52}.

Los cementos formulados en base a ionómero de vidrio comenzaron a utilizarse como selladores de conductos gracias a su buena adhesión a los tejidos dentales duros^{53,54}. Estos cementos son muy biocompatibles, capaces de liberar flúor, y adhieren químicamente a la dentina, lo que facilita un sellado hermético. Ketac-Endo[®] es un cemento basado en ionómero de vidrio, fabricado especialmente como sellador endodóntico.

Los selladores basados en siliconas proporcionan un buen sellado apical⁵⁵, son insolubles, biocompatibles, tienen una cierta capacidad de expansión tras el fraguado y una gran fluidez, además de un espesor de capa pequeño⁵⁶.

Los selladores basados en resinas plásticas son creados en Europa con la finalidad de conseguir un preparado estable en el interior de los conductos radiculares⁵⁷. Su principal ventaja es su mayor adhesión a dentina, pero tienen también inconvenientes: no son reabsorbibles, son más radiopacos que la gutapercha^{58,59}, pueden provocar tinciones si llevan plata, no se pueden desobturar si no van unidas a gutapercha, tienen baja capacidad antiséptica y son capaces de liberar formaldehído al polimerizar con la resina epoxi-bisfenol.

⁵⁰ Benatti O, Stolf WL, Ruhnke LA. Verification of the consistency, setting time, and dimensional changes of root-canal filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1978;46(1):107-13.

⁵¹ Canalda-Sahli C, Brau-Aguade E, Sentis-Vilalta J, Aguade-Bruix S. The apical seal of root canal sealing cements using a radionuclide detection technique. *Int Endod J.* 1992;25(5):250-6.

⁵² Pommel L, About I, Pashley D, Camps J. Apical leakage of four endodontic sealers. *J Endod.* 2003;29(3):208-10.

⁵³ Powis DR, Folleras T, Merson SA, Wilson AD. Improved adhesion of glass ionomer cement to dentin and enamel. *J Dent Res.* 1982;61(12):1416-22.

⁵⁴ Aboush YE, Jenkins CB. An evaluation of the bonding of glass-ionomer restoratives to dentine and enamel. *Br Dent J.* 1986;161(5):179-84.

⁵⁵ Roggendorf MJ, Ebert J, Petschelt A, Frankenberger R. Influence of moisture on the apical seal of root canal fillings with five different types of sealer. *J Endod.* 2007;33(1):31-3.

⁵⁶ Lucena-Martin C, Ferrer-Luque C, 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(6):423-6.

⁵⁷ Canalda Salhi C. Obturación de los conductos radiculares. En: Canalda Salhi C, Brau Aguadé E, eds. *Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas.* Barcelona: Masson; 2006. p. 209-37.

⁵⁸ 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(5):211-3.

⁵⁹ Tanomaru-Filho M, Jorge EG, Guerreiro Tanomaru JM, Goncalves M. Radiopacity evaluation of new root canal filling materials by digitalization of images. *J Endod.* 2007;33(3):249-51.

2.2.1. AH Plus™

Este cemento sellador tiene como componentes principales resina epoxi-diamina, tungsteno cálcico, óxido de circonio y de hierro, aerosil y aceite de silicona. Es un derivado del AH 26[®], pero con algunas propiedades mejoradas. Es biocompatible, de fluidez alta, buena adherencia a la dentina, radioopacidad notable, tiempo de trabajo largo y mayor solubilidad. Según el fabricante es más fácil poder retirarlo de los conductos radiculares, en caso de retratamiento, que el AH 26[®]. Entre sus características cabe destacar que:

- No provoca actividad estrogénica en cultivos de células cancerígenas⁶⁰.
- No provoca citotoxicidad ni mutagenicidad en fibroblastos del ligamento periodontal humano⁶¹, en células de Hamster⁶² y provoca una escasa reacción citotóxica en fibroblastos de ratones⁶³.
- Determina una respuesta tisular satisfactoria que conduce a la reparación apical y periapical⁶⁴.
- Obtiene excelentes resultados en pruebas de filtración apical^{65,66,67,68}.
- Presenta una buena difusión a través de todo el conducto radicular, incluidos los conductos accesorios laterales⁶⁹.
- Posee gran estabilidad en solución acuosa, muestra un buen espesor de película y una alta fluidez⁷⁰.

⁶⁰ Pulgar R, Segura-Egea JJ, Fernández MF, Serna A, Olea O. The effect of AH 26 and AH Plus on MCF-7 breast cancer cell proliferation in vitro. *Int Endod J.* 2002;35(6):551-6.

⁶¹ 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(9):109-13.

⁶² Miletic I, Jukic S, Anic I, Zeljezic D, Garaj-Vrhovac V, Osmak M. Examination of cytotoxicity and mutagenicity of AH 26 and AH Plus sealers. *Int Endod J.* 2003;36(5):330-5.

⁶³ Dartar Öztan M, Yilmaz S, Kalayci A, Zaimoglu L. A comparison of the in vitro cytotoxicity of two root canal sealers. *J Oral Rehabil.* 2003;30(4):426-9.

⁶⁴ Leonardo MR, Medeiros Salgado AA, Bezerra da Silva LA, Tanomaru Filho M. Apical and periapical repair of dogs' teeth with periapical lesions after endodontic treatment with different root canal sealers. *Pesqui Odontol Bras.* 2003;17(1):69-74.

⁶⁵ De Almeida WA, Leonardo MR, Tanomaru Filho M, Silva LA. Evaluation of apical sealing of three endodontic sealers. *Int Endod J.* 2000;33(1):25-7.

⁶⁶ Kont Çobankara F, Adanir N, Belli S, Pashley DH. A quantitative evaluation of apical leakage of four root-canal sealers. *Int Endod J.* 2002;35(12):979-84.

⁶⁷ Gernhardt CR, Kruger T, Bekes K, Schaller HG. Apical sealing ability of 2 epoxy resin-based sealers used with root canal obturation techniques based on warm gutta-percha compared to cold lateral condensation. *Quintessence Int.* 2007;38(3):229-34.

⁶⁸ 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;26:[Epub ahead of print].

⁶⁹ Ventura M, Prati C, Capella G, Falconi M, Breschi L. A preliminary analysis of the morphology of lateral canals after root canal filling using a tooth-clearing technique. *Int Endod J.* 2003;36(1):54-63.

⁷⁰ McMichen FRS, Pearson G, Rahbaran H, Gulavibala K. A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. *Int Endod J.* 2003;36(9):629-35.

- Su gran capacidad de adhesión a las paredes, al igual que la de AH 26[®], hace que su eliminación del conducto sea difícil⁷¹. No obstante, en pruebas realizadas con solventes volátiles como halotano y cloroformo muestra un nivel de solubilidad aceptable⁷².

2.2.2. EndoREZ[®]

EndoREZ[®] es un cemento sellador hidrofílico, de fraguado químico, que contiene (según información del fabricante): óxido de zinc, sulfato de bario, resinas y pigmentos dentro de una matriz de resina de dimetacrilato de uretano.

Se dispensa en una jeringa mezcladora (tubo A catalizador / tubo B base), que permite obturar los conductos de forma no embolizante, ya que se aplica con agujas NaviTips de varios calibres, que llegan incluso a 0,3 milímetros de grosor externo; pudiendo éstas acceder al ápice de conductos que hayan sido instrumentados hasta limas del número 30. Debido a su gran flexibilidad pueden introducirse en conductos ligeramente curvos.

Este cemento sellador muestra una excelente fluidez y un tiempo de trabajo de 15 a 20 minutos⁷³. Entre sus propiedades destaca que:

- Posee una excelente capacidad de sellado, una buena adaptación a las paredes del conducto radicular en presencia de humedad y una penetración efectiva del material en los túbulos dentinarios⁷⁴.
- Produce un buen sellado en la interfase gutapercha-dentina radicular. Además presenta una radiopacidad similar a los conos de gutapercha^{75,76,77} y no compromete el uso de adhesivos dentinarios. Sin embargo, debido a la contracción de polimerización se forman espacios («gaps») en la interfase de unión que impiden un hermético sellado⁷⁸.

⁷¹ Erdemir A, Adanir N, Belli S. In vitro evaluation of the dissolving effect of solvents on root canal sealers. *J Oral Sc.* 2003 Sep;45(3):123-6.

⁷² Whitworth JM, Boursin EM. Dissolution of root canal sealer cements in volatile solvents. *Int Endod J.* 2000;33(1):19-24.

⁷³ Padrós Pradera E, Rodríguez Vallejo J. Cómo obtener un sellado microscópico de las paredes de los conductos radiculares (técnica original). *Rev Eur Odonto Estomatol.* 2002;XIV(5):263-74.

⁷⁴ Becce C, Pameijer CH. SEM study of new endodontic root canal sealer [Abstract n. 2483]. *J Dent Res.* 2001;80:144.

⁷⁵ Padrós Pradera E, Rodríguez Vallejo J. Cómo obtener un sellado microscópico de las paredes de los conductos radiculares (técnica original). *Rev Eur Odonto Estomatol.* 2002;XIV(5):263-74.

⁷⁶ Zmener O. Tissue response to a new methacrylate-based root canal sealer: preliminary observations in the subcutaneous connective tissue of rats. *J Endod.* 2004;30(5):348-51.

⁷⁷ Tanomaru-Filho M, Jorge EG, Guerreiro Tanomaru JM, Goncalves M. Radiopacity evaluation of new root canal filling materials by digitalization of images. *J Endod.* 2007;33(3):249-51.

⁷⁸ Bergmans L, Moisiadis P, De Munck J, Van Meerbeek B, Lambrechts P. Effect of polymerization shrinkage on the sealing capacity of resin fillers for endodontics use. *J Adhes Dent.* 2005;7(4):321-9.

- Muestra una buena biocompatibilidad en tejido conectivo subcutáneo de ratas⁷⁹ y en tejido periapical de primates⁸⁰.
- Clínicamente, EndoREZ[®] parece ser bien tolerado por los tejidos peria-picales y obtiene una alta tasa de éxito en tratamientos de conductos realizados en pacientes⁸¹.

2.3. ADHESIÓN A DENTINA RADICULAR

Las mejoras de los materiales y técnicas adhesivas, utilizadas habitualmente en la obturación de cavidades terapéuticas, han fomentado su introducción en la terapéutica endodóntica con el propósito de reducir la filtración coronal y apical en la obturación de conductos radiculares. En la actualidad no parecen existir inconvenientes estructurales que impidan la adhesión a dentina radicular⁸².

Diferentes autores^{83,84,85,86,87,88,89} han estudiado la eficacia de resinas y adhesivos dentinarios en la obturación del canal radicular, demostrando una reducción significativa en la filtración apical y coronal con el uso de materias adhesivos.

Igualmente está demostrado que el adhesivo por si solo no sustituye al cemento sellador, siendo necesaria la utilización conjunta del agente de unión a dentina y el sellador para conseguir un sellado eficaz⁹⁰.

⁷⁹ Zmener O. Tissue response to a new methacrylate-based root canal sealer: preliminary observations in the subcutaneous connective tissue of rats. *J Endod.* 2004;30(5):348-51.

⁸⁰ Louw NP, Pameijer CH, Normal G. Histopathological evaluation of a root canal sealer in subhuman primates [Abstract n. 1019]. *J Dent Res.* 2001;79:654.

⁸¹ Zmener O, Pameijer CH. Clinical and radiographic evaluation of a resin-based root canal sealer. *Am J Dent.* 2004;17(1):19-22.

⁸² Schwartz RS. Adhesive dentistry and endodontics. Part 2: bonding in the root canal system: the promise and the problems: a review. *J Endod.* 2006;32(12):1125-34.

⁸³ Zidan O, Eldeeb ME. The use of a dentinal bonding agent as a root canal sealers. *J Endod.* 1985;11(4):176-8.

⁸⁴ Rawlinson A. Sealing root canal with low-viscosity resins in vitro: A scanning electron microscopy study of canal cleansing and resin adaption. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1989;68(3):330-8.

⁸⁵ Leonard JE, Gutmann JL, Guo IY. Apical and coronal seal of roots obturated with a dentine bonding agent and resin. *Int Endod J.* 1996;29(2):76-83.

⁸⁶ Anic I, Shirasuka T, Matsumoto K. Scanning electron microscopic evaluation of two compaction techniques using a composite resin as a root canal filling material. *J Endod.* 1995;21(12):594-8

⁸⁷ 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(1):41-4.

⁸⁸ Mannocci F, Innocenti M, Ferrari M. Stereomicroscopic and scanning electron microscopic study of roots obturated with vertically condensed gutta-percha, epoxy resin cement, and dentin bonding agent. *J Endod.* 1998;24(6):397-400.

⁸⁹ Mjör IA, Smith MR, Ferrari M, Mannocci F. The structure of dentine in the apical region of human teeth. *Int Endod J.* 2001;34(5):346-53.

⁹⁰ Innocenti M, Bertelli E, Ferrari M. Dye leakage and SEM study of roots obturated with Thermafill and dentin bonding agent. *Endod Dent Traumatol.* 1999;15(2):60-4.

La adhesión de los distintos selladores a la dentina y a la gutapercha ha sido estudiada por algunos autores. La fuerza de unión obtenida es distinta para cada sellador y está relacionada con la composición química del mismo, así como con el pretratamiento de la dentina antes de realizar la obturación del conducto radicular^{91,92}. Los valores de fuerza de unión obtenidos son bajos para todos los grupos de selladores de conductos, siendo los selladores basados en resina los que mayor fuerza de unión han demostrado^{93,94}.

Adhesivos de grabado total y adhesivos de autograbado han sido utilizados con cementos selladores de resina como materiales de relleno radicular. El uso de sistemas adhesivos incrementa la fuerza de unión a dentina radicular de selladores basados en resina, con diferentes resultados, dependiendo del sistema adhesivo utilizado^{95,96}.

Actualmente, el único sistema de sellado de conductos radiculares que utiliza tecnología adhesiva dentinaria es Resilon®/EpiPhany® (Pentron Clinical Technologies, Wallingford, CT). Resilon® es el material de núcleo y está basado en polímeros de poliéster; y EpiPhany® es un cemento sellador basado en metacrilato que utiliza un primer autograbante para su unión a dentina. Este sistema pretende crear un monobloque entre la dentina y el material de relleno radicular^{97,98,99}.

La introducción de estos selladores de resina basados en metacrilato conlleva un problema capital asociado con la adhesión a dentina radicular: la falta de alivio del estrés de contracción creado en el interior de los conductos radiculares. El alivio de este estrés mediante el flujo de resina depende de la geometría de la cavidad y del grosor de la película de resina. Así, hablamos de factor de configuración cavitaria («factor C») como la proporción de área de superficie adherida frente al área de superficie no

⁹¹ Morris MD, Lee KW, Agee KA, Bouillaguet S, Pashley DH. Effects of sodium hypochlorite and RC-Prep on bond strengths of resin cement to endodontic surfaces. *J Endod.* 2001;27(12):753-7.

⁹² Erdemir A, Ari H, Gungunes H, Belli S. Effect of medications for root canal treatment on bonding of root canal dentin. *J Endod.* 2004;30(2):113-6.

⁹³ Hayashi M, Takahashi Y, Hirai M, Iwami Y, Imazato S, Ebisu S. Effect of endodontic irrigation on bonding of resin cement to radicular dentin. *Eur J Oral Sci.* 2005;113(1):70-6.

⁹⁴ Erdemir A, Ari H, Gungunes H, Belli S. Effect of medications for root canal treatment on bonding of root canal dentin. *J Endod.* 2004;30(2):113-6.

⁹⁵ Gogos C, Stavrianos C, Kolokouris I, Papadoyannis I, Economides N. Shear bond strength of AH 26 root canal sealer to dentine using three dentine bonding agents. *J Dent.* 2003;31(5):321-6.

⁹⁶ Hayashi M, Takahashi Y, Hirai M, Iwami Y, Imazato S, Ebisu S. Effect of endodontic irrigation on bonding of resin cement to radicular dentin. *Eur J Oral Sci.* 2005;113(1):70-6.

⁹⁷ Tay FR, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, Pashley DH, Mak YF, et al. Ultrastructural evaluation of the apical seal in roots filled with a polycaprolactone-based root canal filling material. *J Endod.* 2005;31(7):514-9.

⁹⁸ Gesi A, Goracci C, Pashley DH, Tay FR, Ferrari M. Interfacial strength of Resilon and gutta-percha to intraradicular dentin. *J Endod.* 2005;31(11):809-13.

⁹⁹ Hiraishi N, Papacchini F, Loushine RJ, Weller RN, Ferrari FN, Pashley DH, et al. Shear bond strength of Resilon to a methacrylate-based root canal sealer. *Int Endod J.* 2005;38(10):753-63.

adherida. Este factor influye negativamente en la adhesión de materiales poliméricos a la dentina radicular¹⁰⁰.

El factor C medio en el sistema de conductos radiculares es de 100:1. Se considera desfavorable para la adhesión cuando la proporción es mayor de 3:1¹⁰¹.

Conseguir la unión a dentina radicular con sistemas adhesivos no es tarea fácil. La aplicación uniforme del primer y el adhesivo en toda la longitud del conducto radicular, sobre todo en el tercio apical, es difícil de realizar.

Además está demostrado que la unión de materiales poliméricos a dentina se degrada con el paso del tiempo^{102,103,104,105,106}. Las fuerzas funcionales contribuyen a dicho deterioro¹⁰⁷. Este fenómeno ocurre también en el conducto radicular, donde las fuerzas de flexión y torsión durante los movimientos funcionales y parafuncionales contribuyen a la ruptura de la adhesión.

¹⁰⁰ Tay FR, Loushine RJ, Lambrechts P, Weller RN, Pashley DH. Geometric factors affecting dentin bonding in root canals: a theoretical modeling approach. *J Endod.* 2005;31(8):584-9.

¹⁰¹ Yoshikawa T, Sano H, Burrow MF, Tagami J, Pashley DH. Effects of dentin depth and cavity configuration on bond strength. *J Dent Res.* 1999;78(4):898-905.

¹⁰² De Munck J, Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Suzuki K, et al. Four-year water degradation of total etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res.* 2003;82(2):136-40.

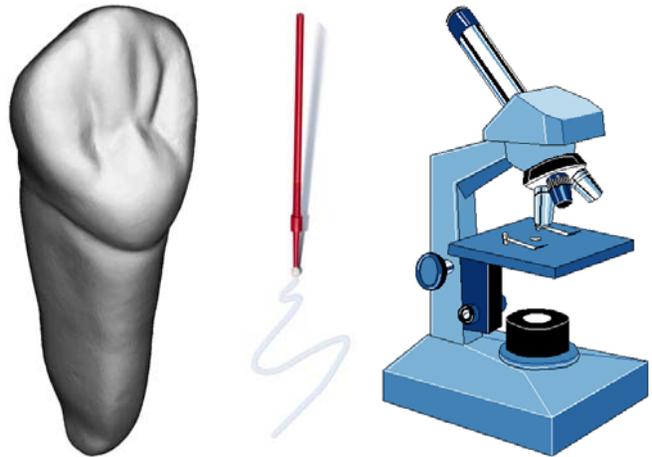
¹⁰³ Armstrong SR, Vargas MA, Fang Q, Laffoon JE. Microtensile bond strength of a total etch 3-step, total etch 2-step, self etch 2-step and a self etch 1-step dentin bonding system through 15 month water storage. *J Adhes Dent.* 2003;5(1):47-56.

¹⁰⁴ Shirai K, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Lambrechts P, Suzuki K, et al. Effect of cavity configuration and aging on the bonding effectiveness of six adhesives to dentin. *Dent Mat.* 2005;21(2):110-24.

¹⁰⁵ De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res.* 2005;84(2):118-32.

¹⁰⁶ Carrilho MR, Tay FR, Pashley DH, Tjaderhane L, Carvalho RM. Mechanical stability of resin-dentin bond components. *Dent Mat.* 2005;21(3):232-41.

¹⁰⁷ Frankenberger R, Pashley DH, Reich SM, Lohbauer U, Petschelt A, Tay FR. Characterization of resin-dentine interfaces by compressive cyclic loading. *Biomaterials.* 2005;26(14):2043-52.



3.1. MATERIAL

Los materiales que se han empleado en la realización de este estudio se detallan en la siguiente Tabla (Tabla X):

Tabla 3. Materiales empleados.

	MATERIAL	FABRICANTE
MUESTRA	10 incisivos centrales superiores de bovino.	--
CONSERVACIÓN DE LA MUESTRA	Timol.	PANREAC QUÍMICA. Riera de Sant Cugat, 1. E-08110 Montcada i Reixac, Barcelona, España.
PREPARACIÓN DE LOS ESPECIMENES	Maquina de corte Accutom 50.	Struers A/S. Pederstrupvej 84, 2750 Ballerup, Denmark.

Tabla 3. Materiales empleados (continuación).

	MATERIAL	FABRICANTE
PREPARACIÓN DE LOS ESPECIMENES	Discos de corte de 12.7 mm de diámetro y 0.4 milímetros de espesor.	Struers A/S. Pederstrupvej 84, 2750 Ballerup, Denmark.
	Discos de carburo de sílice de 600 grit.	Abrasifs Hermes. 61 rue Chaptal, 92300 Levallois Perret, France.
	Total Etch [®] . Acido ortofosfórico en gel al 37%.	Ivoclar Vivadent. Bendererstrasse 2, FL-9494, Schaan, Liechtenstein.
	Adhesivo SoloBond [®] M.	VOCO GmbH P.O. Box 767 27457 Cuxhaven, Germany.
	Lámpara de luz halógena Astralis 10.	Ivoclar Vivadent. Bendererstrasse 2, FL-9494, Schaan, Liechtenstein.
	Composite SYNERGY [®] Duo Shade.	Coltène/Whaledent Inc. 235 Ascot Parkway Cuyahoga Falls, OH 44223-3701, USA.
	Molde de metacrilato y nivel. Rotuladores indelebles STAEDTLER.	Confección personal. STAEDTLER Mars GmbH & Co. Moosaeckerstraße 3 90427 Nuernberg, Germany.
ADHESIÓN	Hipoclorito de sodio al 5,25%.	PANREAC QUÍMICA. Riera de Sant Cugat, 1. E-08110 Montcada i Reixac, Barcelona, España.

Tabla 3. Materiales empleados (continuación).

	MATERIAL	FABRICANTE
ADHESIÓN	Adhesivo dentinario Optibond® Solo Plus™ Dual Cure.	Kerr Corporation 1717 West Collins Orange, CA 92867.
	Adhesivo dentinario Clearfil™ Liner Bond 2V.	Kuraray Europe GmbH. D-65926 Frankfurt am Main Germany.
	Cemento sellador AH-Plus™.	DENTSPLY DeTrey GmbH. De-Trey- Straße 1. 78467 Konstan, Germany.
	Cemento sellador EndoREZ®.	Ultradent Products, Inc. 505 West, 10200 South. South Jordan, Utah 84095 USA.
	Aplicador VivaStick.	Ivoclar Vivadent. Bendererstrasse 2, FL-9494, Schaan, Liechtenstein.
PRUEBA DE MICROTENSIÓN	Maquina de corte manual Accutom.	Struers A/S. Pederstrupvej 84, 2750 Ballerup, Denmark.
	Molde de resina.	Confección personal.
	Cera normal.	Industrias Beter. Valencia 197, 08011 Barcelona, España.
	Micrómetro.	MEDID PRECISIÓN. Rec. Comtal, 9 Pral. 08003 Barcelona, España.
	Probeta para pruebas de microtensión.	Cortesía del Dr. José Carlos de la Macorra García. Facultad de Odontología, UCM.

Tabla 3. Materiales empleados (continuación).

	MATERIAL	FABRICANTE
PRUEBA DE MICROTENSIÓN	<p>Pegamento de cianoacrilato Loctite.</p> <p>Máquina de ensayo Electrotest 500.</p> <p>Lupa estereoscópica Olympus SZ-PT.</p>	<p>Henkel Loctite España. P.I Alparrache, parc. 18-20, 28600 Navalcarnero, Madrid, España.</p> <p>S.A.E. IBERTEST Ramón y Cajal, 35 28814 DAGANZO Madrid, España.</p> <p>Olympus Europa GmbH. Wendenstraße 14-18, D-20097 Hamburg, Germany</p>
SOPORTE INFORMÁTICO	<p>Ordenador PC Intel Pentium IV a 2400 MHz, 256 Mb de memoria RAM y 40 Gb de disco duro.</p> <p>Programa estadístico SPSS/PC+, versión 12.0.</p>	<p>SPSS Inc. Headquarters, 233 S. Wacker Drive, 11th floor Chicago, Illinois 60606 USA.</p>

3.2. MÉTODOS

3.2.1. PREPARACIÓN DE LOS ESPECIMENES



Figura 2. Incisivos centrales superiores bovinos.

Para la realización de este estudio se han utilizado diez incisivos centrales superiores de origen bovino, que fueron conservados en timol hasta el momento de su preparación (Figura 2). Los dientes fueron cortados transversalmente a nivel de la unión amelocementaria y del tercio apical mediante una máquina de corte Acuttom 50 (Figura 3), utilizando un disco de 0.4 milímetros de espesor.

Después se seccionaron longitudinalmente en sentido mesiodistal, obteniéndose dos mitades simétricas (Figura 4). Cada una de estas mitades fue pulida mediante discos de carburo de silíce de 600 grit: la cara interna para eliminar la luz del conducto y la cara externa para eliminar los restos e impurezas adheridos a esta superficie.

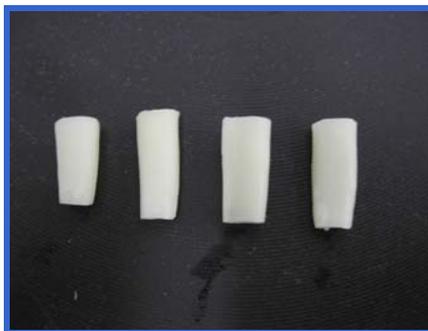


Figura 3. Dientes seccionados a nivel de la unión amelodentinaria y del tercio apical.

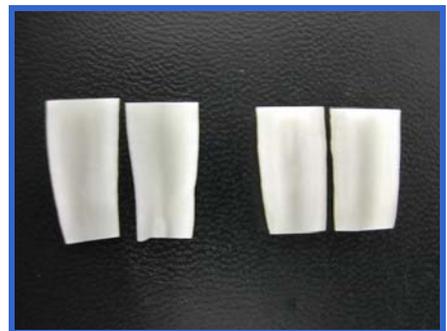


Figura 4. Mitades simétricas obtenidas tras la sección longitudinal.

Las superficies externas fueron grabadas con ácido ortofosfórico en gel al 37% Total Etch[®] durante 45 segundos. Transcurrido este tiempo se lavaron con abundante agua durante 10 segundos y se secaron con pistola de aire cinco segundos. En las superficies acondicionadas se aplicó adhesivo Solo-Bond M con un pincel, distribuyéndolo de forma homogénea. Se esperó 20 segundos, se eliminó el sobrante con aire y se polimerizó con una lámpara de luz halógena Astralis 10, a una intensidad de 400mW/cm² durante 20 segundos (según las recomendaciones del fabricante).

Para obtener un bloque rectangular se fueron añadiendo capas de composite Synergy® Duo Shade sobre las superficies externas acondicionadas, con ayuda de un molde de metacrilato y un pequeño nivel. Cada capa fue polimerizada durante 45 segundos. El molde y el nivel se utilizaron para paralelizar la superficie del bloque a la cara interna de cada mitad. Los errores cometidos en la aplicación del composite se corrigieron puliendo con discos de carburo de 600 grit.

Como resultado de la aplicación de la resina compuesta se obtuvo un bloque rectangular de un centímetro de altura, en cuya cara interna se situaba la superficie de estudio, todavía no tratada. Las otras dimensiones del bloque venían dadas por la longitud de cada una de las mitades, tanto en sentido axial como mesiodistal (Figura 5).



Figura 5. Bloques obtenidos tras la aplicación del composite.

Posteriormente se marcó el composite con rotuladores indelebles para diferenciar las porciones coronal y media, y evitar así errores al enfrentar las mitades.

3.2.2. PROCEDIMIENTOS DE ADHESIÓN

Los bloques fueron asignados al azar a diez grupos de estudio diferentes (dos mitades del mismo diente) atendiendo a la secuencia de preparación de las superficies de la dentina (Tabla 4).

Tabla 4. Grupos de estudio.

GRUPO	PREPARACIÓN DE LA DENTINA			SELLADOR
	Ácido	NaOCl	Adhesivo	
I	Fosfórico 37%	No	No	AH Plus™
II	Fosfórico 37%	No	Optibond® Solo Plus™ Dual Cure	AH Plus™
III	--	No	Clearfil™ Liner Bond 2V	AH Plus™
IV	Fosfórico 37%	Sí	No	AH Plus™
V	Fosfórico 37%	Sí	Optibond® Solo Plus™ Dual Cure	AH Plus™
VI	Fosfórico 37%	No	No	EndoREZ®
VII	Fosfórico 37%	No	Optibond® Solo Plus™ Dual Cure	EndoREZ®
VIII	--	No	Clearfil™ Liner Bond 2V	EndoREZ®
IX	Fosfórico 37%	Sí	No	EndoREZ®
X	Fosfórico 37%	Sí	Optibond® Solo Plus™ Dual Cure	EndoREZ®

En ocho grupos se utilizó ácido ortofosfórico al 37% para acondicionar la superficie interna (véase Tabla 4). Éste se aplicó de forma homogénea durante 15 segundos, transcurridos los cuales se lavó con agua abundante durante 10 segundos y se secó con pistola de aire cinco segundos.

En los grupos IV, V, IX y X se utilizó hipoclorito de sodio al 5%. Los bloques fueron sumergidos en NaOCl al 5% durante dos minutos y agitados manualmente. Después fueron lavados con agua abundante durante 15 segundos y secados con pistola de aire.

El adhesivo dentinario Optibond® Solo Plus™ Dual Cure, utilizado en los grupos II, V, VII y X, se aplicó siguiendo las recomendaciones del fabricante. Igualmente, Clearfil™ Liner Bond 2V fue utilizado según las indicaciones del fabricante en los grupos III y VIII.

Los cementos selladores AH Plus™ y EndoRez® se aplicaron atendiendo las instrucciones del fabricante. AH Plus™ se mezcló en una loseta de vidrio y

se colocó en cada una de las mitades de forma homogénea mediante un aplicador VivaStick. EndoRez® se dispensó con la jeringa mezcladora proporcionada en el kit de venta, de forma que las superficies internas quedaron totalmente cubiertas con el cemento sellador.

Tabla 5. Composición de los adhesivos dentinarios y los cementos selladores.

<p>Optibond® Solo Plus™ Dual Cure</p>	<p>Adhesivo: Bisfenol A-glicidilmetacrilato (Bis-GMA), 2-Hidroxi-etil-metacrilato (HEMA), Glicerol-propano-dimetacrilato (GPDM), Canforquinona, Etanol, Hexafluorosilicato de sodio, carga de Vidrio de Bario Aluminio Boro Silicato.</p> <p>Activador: Bisfenol A-glicidilmetacrilato (Bis-GMA), 2-Hidroxi-etil-metacrilato (HEMA), Etanol, Sal sódica del ácido benceno-sulfínico (BSA).</p>
<p>Clearfil™ Liner Bond 2V</p>	<p>Primer Liquido A: Fosfato de dihidrógeno de 10-metacriloxidecilo (MDP), 2-Hidroxi-etil-metacrilato (HEMA), Dimetacrilato hidrofílico, dl-Canforquinona, N,N Dietanol p-toluidina, Agua.</p> <p>Primer Liquido B: 2-Hidroxi-etil-metacrilato (HEMA), Dimetacrilato hidrofílico, Agua.</p> <p>Bond Liquido A: Fosfato de dihidrógeno de 10-metacriloxidecilo (MDP), Bisfenol A-glicidilmetacrilato (Bis-GMA), 2-Hidroxi-etil-metacrilato (HEMA), Dimetacrilato hidrofóbico, dl-Canforquinona, N,N Dietanol p-toluidina, Sílice coloidal silanado.</p> <p>Bond Liquido B: Bisfenol A-glicidilmetacrilato (Bis-GMA), 2-Hidroxi-etil-metacrilato (HEMA), Dimetacrilato hidrofóbico, Peróxido de benzoilo, Sílice coloidal silanado.</p>
<p>AH Plus™</p>	<p>Pasta A (epoxy): Diglicidil-bisfenol-A-eter, Tungsteno, Calcio, Óxido de zirconio, Aerosol, Óxido de hierro.</p> <p>Pasta B (amina): Amina 1-adamantina, N, N-dibenzyl-5-oxanonandiamina-1, 9, TCD-diamina, Calcio, Tungsteno, Óxido de zirconio, Óxido de silicona.</p>
<p>EndoREZ®</p>	<p>Óxido de zinc, sulfato de bario, resinas y pigmentos dentro de una matriz de resina de dimetacrilato de uretano.</p>

Una vez aplicado el cemento sellador se enfrentaron las dos mitades de cada diente, haciendo coincidir las marcas de rotulador del mismo color (Figuras 6 y 7).

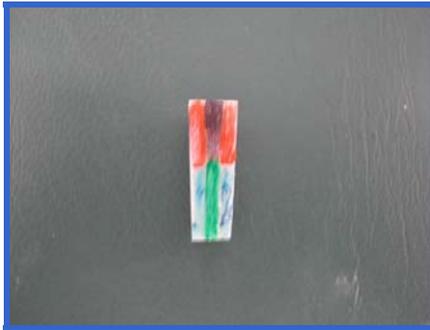
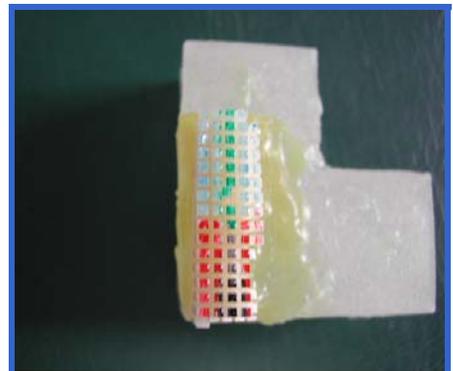
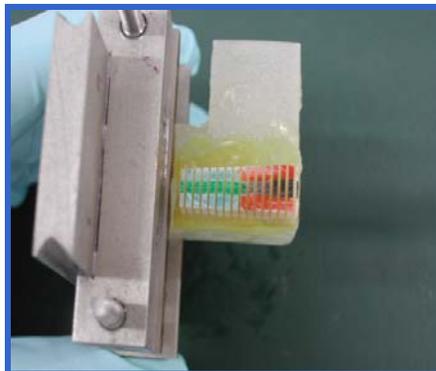
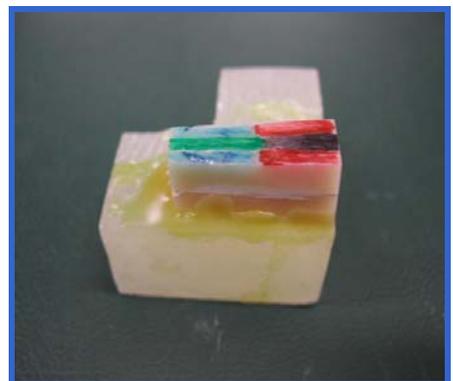
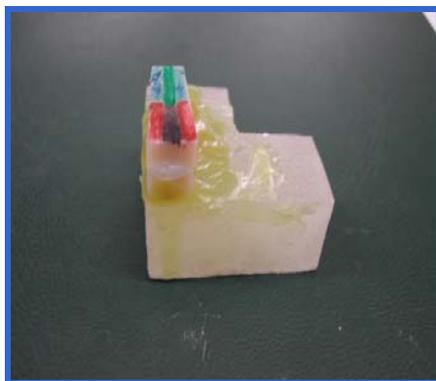


Figura 6. Tercio coronal y medio de cada espécimen.



Figura 7. Mitades simétricas obtenidas tras la sección longitudinal.

Para evitar el desplazamiento de los fragmentos adheridos se utilizó el molde de metacrilato como soporte. Se aplicó un peso de un kilogramo para homogeneizar la capa de cemento sellador en toda la superficie de adhesión. Los cementos se dejaron fraguar 72 horas en medio húmedo y temperatura ambiente (37°C). Tras el fraguado, los especímenes fueron montados en unos moldes de resina mediante cera natural y seccionados con una máquina Accutom 50 calibrada para realizar cortes de un milímetro (Figuras 8 y 9).



Figuras 8-11. Montaje en resina y corte de los especímenes.

Los cortes se realizaron de forma perpendicular a la interfase formada por el sellador endodóntico, primero en sentido longitudinal y luego en sentido transversal (Figuras 10 y 11). Las barras obtenidas tenían un milímetro cuadrado de sección aproximadamente.

Para separar las barras se utilizó una máquina de corte manual Accutom (Figuras 12 y 13). Las barras fueron depositadas en un recipiente húmedo y, sin tiempo de demora, se procedió a realizar las pruebas de microtensión (Figura 14).



Figuras 12-14. Obtención de las barras de un milímetro cuadrado de sección.

Antes del montaje en la probeta se midió la sección de las barras a nivel de la interfase mediante un micrómetro de precisión, para la posterior conversión de las fuerzas obtenidas en la prueba de microtensión: de Nw/mm^2 a Megapascales.

3.2.3. PRUEBAS DE MICROTENSIÓN

Las barras se montaron en una probeta para microtensión (cortesía del Dr. José Carlos De la Macorra) (Figuras 15 y 16).



Figura 15. Probeta para microtensión (Dr. JC de la Macorra).



Figura 16. Montaje de las barras en la probeta de microtensión.

La probeta se basa en la primera ley de la palanca. Se compone de una estructura fija y cuatro brazos metálicos móviles ajustables mediante tornillos. Cada uno de estos brazos se une a la estructura fija mediante un eje. La fuerza se transmite a cada brazo a través de un cilindro metálico.

Las barritas fueron pegadas a la probeta con pegamento de cianoacrilato Loctite. Se aplicó una pequeña gota en cada parte de la probeta y se colocó la barrita entre ambas, situándola perpendicular a la interfase entre el brazo móvil y la estructura fija de la probeta. De esta forma, la interfase de cemento sellador de la barrita quedaba libre de contaminación al aplicar el pegamento.

El pegamento se dejó endurecer durante dos minutos, transcurridos los cuales la probeta fue llevada a la máquina de ensayo Electrotest 500 (Figuras 17 y 18).

Esta máquina posee un brazo inferior fijo y otro superior móvil, y está gobernada por un procesador que controla: el rango de la carga aplicada, el rango de desplazamiento, la velocidad de desplazamiento y el punto de ruptura. La velocidad de travesaño utilizada fue 1mm/min.



Figura 17. Máquina de ensayo Electrotest 500.

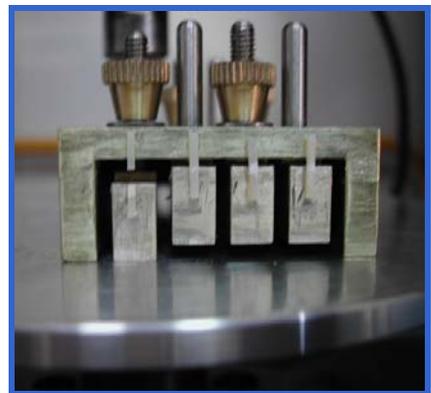


Figura 18. Barritas sometidas a pruebas de microtensión.

Tras la medición, las barritas fueron observadas mediante una lupa estereoscópica Olympus SZ-PT para la interpretación del tipo de fractura.

Se consideró fallo cohesivo del cemento cuando ambas superficies quedaron totalmente cubiertas por sellador. Se consideró fallo adhesivo cuando una superficie quedó cubierta por sellador y, en la otra, la dentina no presentaba restos de cemento. Por último, cuando en ambas superficies quedaba restos de sellador y dentina expuesta se calificó como fallo mixto.

3.2.4. ANÁLISIS DE LOS DATOS

Los resultados obtenidos en la prueba de microtensión fueron convertidos de Nw/mm^2 a Megapascales mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$R = \frac{F \times f}{r + F}$$

F = distancia entre el eje articulado y el cilindro.

f = fuerza de tensión obtenido en la máquina Ibertest 500 en Nw/mm^2 .

R = valor en Megapascales.

r = distancia entre el cilindro y el extremo del brazo donde se fija la barra.

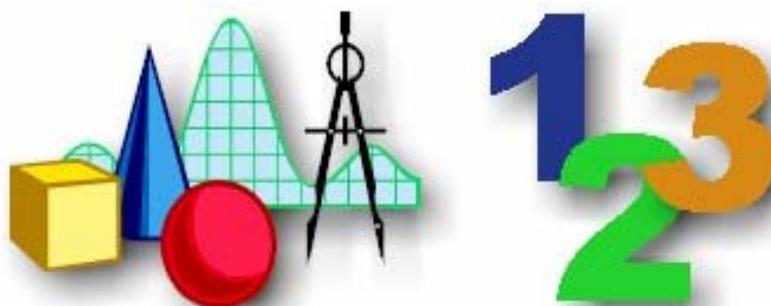
Los datos fueron introducidos en el programa SPSS/PC+, versión 12.0 para su posterior tratamiento estadístico. Los métodos estadísticos utilizados han sido los siguientes:

▣ Descriptivos

- En las variables cuantitativas: media aritmética y desviación estándar.
- En las variables categóricas: distribución absoluta y porcentual.

▣ Analíticos

- Análisis de la Varianza (ANOVA), diseño factorial completo; incluyendo los factores principales, así como las interacciones de segundo y tercer orden.
- Prueba de Kolmogorov-Smirnov (con corrección de Lilliefors) para comprobar la Normalidad. En caso de $n < 50$ se calculó el estadístico de Shapiro-Wilks.
- Test de Mann-Whitney para comparar dos medias de muestras independientes, cuando la muestra no sigue una distribución Normal.
- Test de Kruskal-Wallis para comparar n medias de muestras independientes, cuando la muestra no sigue una distribución Normal.
- Test de χ^2 para comparar n proporciones de muestras independientes.



4.1. ANÁLISIS FACTORIAL COMPLETO

En primer lugar se analizó la influencia del cemento sellador (AH Plus™, EndoREZ®), de la preparación de la dentina (sin preparación, con Optibond® Solo Plus™ Dual Cure, con Clearfil™ Liner Bond 2V, con NaOCl5% o con NaOCl5% + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure) y del tercio radicular (coronal, medio), en la resistencia a la fractura, mediante un diseño ANOVA factorial completo; incluyendo los factores principales (cemento sellador, preparación, tercio radicular), así como las interacciones de segundo orden (cemento sellador x preparación, cemento sellador x tercio radicular, preparación x tercio radicular) y la interacción de tercer orden (cemento sellador x preparación x tercio radicular) (Tabla 1).

Tabla 1. Influencia del cemento sellador, del tercio radicular, y de la preparación en la resistencia a la fractura.

Factores	F	p
Cemento sellador	1,079	0,300
Preparación	33,366	0,000
Tercio radicular	0,415	0,520
Cemento sellador x preparación	2,601	0,036
Cemento sellador x tercio radicular	0,823	0,365
Preparación x tercio radicular	0,622	0,647
Cemento sellador x preparación x tercio radicular	1,046	0,384

El modelo de regresión lineal no mostró interacción significativa entre los tres factores ($p=0,384$). A continuación se procedió a realizar el análisis de forma estratificada para comprobar el efecto del cemento sellador para cada nivel de las otras dos variables, y viceversa.

4.2. VALORES DE MICROTENSIÓN

4.2.1. AH Plus™

En la Tabla 2 se presentan los valores medios obtenidos en la prueba de microtensión en los grupos en que se empleó AH Plus™ como cemento sellador, tanto en los tercios coronal y medio. En el tercio coronal, el grupo AH Plus™ + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure alcanzó los mejores resultados de adhesión ($7,53\pm 5,40$ MPa), seguido por los grupos de AH Plus™ + Clearfil™ Liner Bond 2V ($4,11\pm 1,85$ MPa), AH Plus™ ($3,91\pm 3,02$ MPa) y AH Plus™ + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure + NaOCl5% ($3,55\pm 1,11$ MPa). El grupo en el que se empleó AH Plus™ + NaOCl5% se obtuvieron los resultados de adhesión más bajos ($2,40\pm 1,04$ MPa).

Tabla 2. Resultados de la prueba de microtensión en los diferentes grupos en que se empleó AH Plus™ como cemento sellador (Megapascuales).

Grupos	n	Min	Max	\bar{x}	s
Sin preparación					
Coronal	12	0,00	7,49	3,91	3,02
Medio	8	0,00	8,95	2,83	3,20
Optibond® Solo Plus™ Dual Cure					
Coronal	28	0,00	14,82	7,53	5,40
Medio	20	0,00	15,42	8,45	3,75
Clearfil™ Liner Bond 2V					
Coronal	24	0,00	6,67	4,11	1,85
Medio	16	0,00	5,22	2,09	1,63
NaOCl5%					
Coronal	12	0,84	4,42	2,40	1,04
Medio	12	0,98	2,44	1,70	0,47
NaOCl5% + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure					
Coronal	19	1,78	6,13	3,55	1,11
Medio	17	2,06	7,28	3,73	1,50

\bar{x} : media. n: tamaño muestral. s: desviación estándar.
Min: valor mínimo. Max: valor máximo.

En el tercio medio, AH Plus™ + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure volvió a alcanzar los mejores resultados de adhesión (8,45±3,75 MPa). Los resultados obtenidos se redujeron hasta 3,73±1,50 MPa alcanzados por el grupo de AH Plus™ + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure+ NaOCl5%, 2,83±3,20 MPa de AH Plus™ y 2,09±1,63 MPa del grupo AH Plus™ + Clearfil™ Liner Bond 2V. De nuevo, AH Plus™ + NaOCl5% obtuvo los resultados de adhesión más bajos con 1,70±0,47 MPa.

4.2.2. EndoREZ®

Los resultados de los grupos en que se empleó EndoREZ® como cemento sellador se presentan en la Tabla 3, en los tercios coronal, medio y global. En el tercio coronal, el grupo EndoREZ® + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure obtuvo los valores más altos en la prueba de microtensión (6,15±4,03 MPa), seguido por EndoREZ® (4,20±3,16 MPa), EndoREZ® + Clearfil™ Liner Bond 2V (3,00±2,30 MPa), y EndoREZ® + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure + NaOCl5% (2,77±1,75 MPa). El grupo en el que se utilizó EndoREZ® + NaOCl5% tuvo los peores resultados (2,00±1,58 MPa).

Tabla 3. Resultados de la prueba de microtensión en los diferentes grupos en los que se empleó EndoREZ® como cemento sellador (Megapascales).

Grupos	n	Min	Max	\bar{x}	s
Sin preparación					
Coronal	6	2,30	10,51	4,20	3,16
Medio	12	0,00	8,44	4,35	2,99
Optibond® Solo Plus™ Dual Cure					
Coronal	30	0,00	15,16	6,15	4,03
Medio	30	0,00	14,26	5,70	4,14
Clearfil™ Liner Bond 2V					
Coronal	17	0,00	8,12	3,00	2,30
Medio	16	0,58	5,22	2,88	1,17
NaOCl5%					
Coronal	12	0,00	4,67	2,00	1,58
Medio	19	0,14	7,81	2,77	2,06
NaOCl5% + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure					
Coronal	19	0,00	4,96	2,77	1,75
Medio	15	0,00	6,15	2,87	2,03

\bar{x} : media. n: tamaño muestral. s: desviación estándar.
Min: valor mínimo. Max: valor máximo.

Igualmente, en el tercio medio, el grupo EndoREZ[®] + Optibond[®] Solo Plus[™] Dual Cure volvió a obtener los valores más altos con 5,70±4,14 MPa. Tras él se volvieron a situar los grupos EndoREZ[®], EndoREZ[®] + Clearfil[™] Liner Bond 2V y EndoREZ[®] + Optibond[®] Solo Plus[™] Dual Cure + NaOCl5% con 4,35±2,99 MPa, 2,88±1,17 MPa y 2,87±2,03 MPa, respectivamente. De nuevo, EndoREZ[®] + NaOCl5% obtuvo los peores resultados (2,77±2,06 MPa).

4.3. INFLUENCIA DEL CEMENTO SELLADOR

4.3.1. TERCIO CORONAL

En la Tabla 4 se presenta la comparación entre los resultados de los dos cementos selladores, por cada una de las variedades de preparación de la dentina, en el tercio coronal. Las comparaciones no mostraron diferencias estadísticamente significativas en cuatro de las cinco formas de preparación de la dentina. Tan sólo la comparación de AH Plus[™] + Clearfil[™] Liner Bond 2V frente a EndoREZ[®] + Clearfil[™] Liner Bond 2V se acercó a la significación estadística ($p=0,054$).

Tabla 4. Comparación entre cementos selladores por cada forma de preparación en el tercio coronal.

Preparación	Cemento (\bar{x} +s)		Comparación (p)
	AH Plus [™]	EndoREZ [®]	
Sin preparación	3,91 ± 3,02	4,20 ± 3,16	0,778
Optibond [®] Solo Plus [™] Dual Cure	7,53 ± 5,40	6,15 ± 4,03	0,304
Clearfil [™] Liner Bond 2V	4,11 ± 1,85	3,00 ± 2,30	0,054
NaOCl5%	2,40 ± 1,04	2,00 ± 1,58	0,419
NaOCl5% + Optibond [®] Solo Plus [™] DC	3,55 ± 1,11	2,77 ± 1,75	0,209

\bar{x} : media. s: desviación estándar.

4.3.2. TERCIO MEDIO

Con respecto a los resultados obtenidos en el tercio medio, en la Tabla 5 se expone la comparación entre cementos selladores, por cada una de las modalidades de preparación de la dentina, en el tercio medio.

La comparación entre los cementos selladores AH Plus[™] y EndoREZ[®], en cada una de las variedades de preparación de la dentina, no mostró diferencias estadísticamente significativas, salvo cuando se utilizó Optibond[®] Solo Plus[™] Dual Cure como preparación ($p=0,012$).

Tabla 5. Comparación entre cementos selladores por cada forma de preparación en el tercio medio.

Preparación	Cemento ($\bar{x} \pm s$)		Comparación (p)
	AH Plus™	EndoREZ®	
Sin preparación	2,83 ± 3,20	4,35 ± 2,99	0,244
Optibond® Solo Plus™ Dual Cure	8,45 ± 3,75	5,70 ± 4,14	0,012
Clearfil™ Liner Bond 2V	2,09 ± 1,63	2,88 ± 1,17	0,192
NaOCl5%	1,70 ± 0,47	2,77 ± 2,06	0,187
NaOCl5% + Optibond® Solo Plus™ DC	3,73 ± 1,50	2,87 ± 2,03	0,234

\bar{x} : media. s: desviación estándar.

4.4. INFLUENCIA DE LA PREPARACIÓN

4.4.1. AH Plus™

En las Tablas 6 y 7 se muestran las comparaciones globales y por parejas de los resultados obtenidos con las diferentes formas de preparación por cada uno de los tercios radiculares, con el cemento sellador AH Plus™. La comparación global entre las diferentes formas de preparación mostró diferencias estadísticamente significativas tanto en el tercio coronal ($p=0,006$) como en el tercio medio ($p<0,001$).

Tabla 6. Comparación global y por parejas entre formas de preparación con cemento sellador AH Plus™, en el tercio coronal.

Comparación global ($p=0,006$)	Sin preparación	Optibond® Solo Plus™ Dual Cure	Clearfil™ Liner Bond 2V	NaOCl5%	NaOCl5% + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure
Sin preparación		0,033	0,973	0,326	0,745
Optibond® Solo Plus™ Dual Cure			0,018	---*	0,025
Clearfil™ Liner Bond 2V				---*	---*
NaOCl5%					0,015
NaOCl5% + Optibond® Solo Plus™ DC					

* Estas comparaciones no fueron realizadas por carecer de trascendencia clínica.

Al comparar las diferentes formas de preparación entre si se observa que, en el tercio coronal (Tabla 6), la no preparación (3,91±3,02) frente a la utilización de adhesivo Optibond® Solo Plus™ Dual Cure (7,53±5,40) mostró diferencias estadísticamente significativas ($p=0,033$), al igual que la comparación de Optibond® Solo Plus™ Dual Cure (7,53±5,40) frente a Clearfil™ Liner Bond 2V (4,11±1,85) ($p=0,018$) u Optibond® Solo Plus™ Dual Cure (7,53±5,40) *versus* NaOCl5% + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure (3,55±1,11) ($p=0,025$).

Por último, al comparar la utilización de NaOCl5% (2,40±1,04) frente a NaOCl5% + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure (3,55±1,11) se volvieron a obtener diferencias estadísticamente significativas ($p=0,015$).

Tabla 7. Comparación global y por parejas entre formas de preparación con cemento sellador AH Plus™, en el tercio medio.

Comparación global ($p<0,001$)	Sin preparación	Optibond® Solo Plus™ Dual Cure	Clearfil™ Liner Bond 2V	NaOCl5%	NaOCl5% + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure
Sin preparación		0,004	0,928	0,643	0,179
Optibond® Solo Plus™ Dual Cure			<0,001	---*	<0,001
Clearfil™ Liner Bond 2V				---*	---*
NaOCl5%					<0,001
NaOCl5% + Optibond® Solo Plus™ DC					

* Estas comparaciones no fueron realizadas por carecer de trascendencia clínica.

De la misma forma, al comparar por parejas los resultados de las diferentes formas de preparación se observa que, en el tercio medio (Tabla 7), la no preparación (2,83±3,20) frente a la utilización de adhesivo Optibond® Solo Plus™ Dual Cure (8,45±3,75) alcanzó diferencias estadísticamente significativas ($p=0,004$), Optibond® Solo Plus™ Dual Cure (8,45±3,75) frente al uso del adhesivo Clearfil™ Liner Bond 2V (2,09±1,63) mostró diferencias significativas ($p<0,001$) y Optibond® Solo Plus™ Dual Cure (8,45±3,75) *versus* NaOCl5% + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure (3,73±1,50) también ($p<0,001$).

De la misma forma, NaOCl5% (1,70±0,47) frente a NaOCl5% + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure (3,73±1,50) volvió a obtener diferencias estadísticamente significativas ($p<0,001$).

4.4.2. EndoREZ®

La comparación global y las comparaciones por parejas entre formas de preparación de la dentina, por cada uno de los tercios radiculares, con el cemento sellador EndoREZ®, se muestran en las Tablas 8 y 9.

Tabla 8. Comparación global y por parejas entre formas de preparación con cemento sellador EndoREZ®, en el tercio coronal.

Comparación global ($p=0,001$)	Sin preparación	Optibond® Solo Plus™ Dual Cure	Clearfil™ Liner Bond 2V	NaOCl5%	NaOCl5% + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure
Sin preparación		0,098	0,440	0,111	0,632
Optibond® Solo Plus™ Dual Cure			0,003	---*	0,001
Clearfil™ Liner Bond 2V				---*	---*
NaOCl5%					0,215
NaOCl5% + Optibond® Solo Plus™ DC					

* Estas comparaciones no fueron realizadas por carecer de trascendencia clínica.

Tabla 9. Comparación global y por parejas entre formas de preparación con cemento sellador EndoREZ®, en el tercio medio.

Comparación global ($p=0,013$)	Sin preparación	Optibond® Solo Plus™ Dual Cure	Clearfil™ Liner Bond 2V	NaOCl5%	NaOCl5% + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure
Sin preparación		0,395	0,163	0,123	0,195
Optibond® Solo Plus™ Dual Cure			0,006	---*	0,017
Clearfil™ Liner Bond 2V				---*	---*
NaOCl5%					0,768
NaOCl5% + Optibond® Solo Plus™ DC					

* Estas comparaciones no fueron realizadas por carecer de trascendencia clínica.

Las comparaciones globales entre las diferentes formas de preparación de la dentina alcanzaron diferencias estadísticamente significativas en el tercio coronal ($p=0,001$) y en el tercio medio ($p=0,013$).

A nivel del tercio coronal (Tabla 8), las comparaciones mostraron diferencias estadísticamente significativas cuando se comparó el uso de Optibond® Solo Plus™ Dual Cure ($6,15\pm4,03$) frente al uso de Clearfil™ Liner Bond 2V ($3,00\pm2,30$) ($p=0,003$) o cuando se comparó Optibond® Solo Plus™ Dual Cure ($6,15\pm4,03$) frente a NaOCl5% + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure ($2,77\pm1,75$) ($p=0,001$).

Cuando se evaluó el tercio medio radicular (Tabla 9), se volvieron a encontrar diferencias estadísticamente significativas en las comparaciones Optibond® Solo Plus™ Dual Cure ($5,70\pm4,14$) frente al uso de Clearfil™ Liner Bond 2V ($2,88\pm1,17$) ($p=0,006$) y Optibond® Solo Plus™ Dual Cure ($5,70\pm4,14$) frente NaOCl5% + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure ($2,87\pm2,03$) ($p=0,001$), al igual que ocurría en el tercio coronal.

4.5. INFLUENCIA DEL TERCIO RADICULAR

4.5.1. AH Plus™

En la Tabla 10 se muestran las comparaciones entre tercios de los resultados del cemento sellador AH Plus™ por cada modalidad de preparación.

Tabla 10. Comparaciones entre tercios por cada forma de preparación cuando se utilizó el cemento sellador AH Plus™.

Comparación (p)	Sin preparación	Optibond® Solo Plus™ Dual Cure	Clearfil™ Liner Bond 2V	NaOCl5%	NaOCl5% + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure
Sin preparación	0,412				
Optibond® Solo Plus™ Dual Cure		0,967			
Clearfil™ Liner Bond 2V			0,002		
NaOCl5%				0,057	
NaOCl5% + Optibond® Solo Plus™ DC					0,849

Cuando se utilizó AH Plus™ como cemento sellador se puede observar que sólo existían diferencias significativas cuando se usó Clearfil™ Liner Bond 2V (coronal: 4,11±1,85 vs medio: 2,09±1,63) para preparar la dentina ($p=0,002$).

4.5.2. EndoREZ®

En la Tabla 11 se muestran las comparaciones entre tercios de los resultados del cemento sellador EndoREZ® por cada modalidad de preparación. En los casos en que se empleó EndoREZ® no se observaron diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las comparaciones.

Tabla 11. Comparaciones entre tercios por cada forma de preparación cuando se utilizó el cemento sellador EndoREZ®.

Comparación (<i>p</i>)	Sin preparación	Optibond® Solo Plus™ Dual Cure	Clearfil™ Liner Bond 2V	NaOCl5%	NaOCl5% + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure
Sin preparación	0,779				
Optibond® Solo Plus™ Dual Cure		0,641			
Clearfil™ Liner Bond 2V			0,928		
NaOCl5%				0,330	
NaOCl5% + Optibond® Solo Plus™ DC					0,903

4.6. PATRÓN DE FRACTURA

4.6.1. AH Plus™

En la Tabla 12 se presenta la distribución del patrón de fractura en los grupos en que se empleó el cemento sellador AH Plus™. Como se puede observar el patrón de fractura más frecuente en los cinco grupos fue el mixto, tanto en el tercio coronal como en el tercio medio (100%); porcentaje que se redujo hasta un 82,1% en el tercio coronal del grupo Optibond® Solo Plus™ Dual Cure y un 75,0% en coronal del grupo sin preparación.

Tabla 12. Distribución del patrón de fractura en los grupos en los que se empleó AH Plus™.

		Tipo		
		Adhesivo	Cohesivo	Mixto
Sin preparación				
	Coronal	3 (25,0)	0 0	9 (75,0)
	Medio	0 0	0 0	8 (100,0)
Optibond® Solo Plus™ Dual Cure				
	Coronal	1 (3,6)	4 (14,3)	23 (82,1)
	Medio	0 0	0 0	20 (100,0)
Clearfil™ Liner Bond 2V				
	Coronal	0 0	0 0	24 (100,0)
	Medio	0 0	0 0	16 (100,0)
NaOCl5%				
	Coronal	0 0	0 0	12 (100,0)
	Medio	0 0	0 0	12 (100,0)
NaOCl5% + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure				
	Coronal	0 0	0 0	19 (100,0)
	Medio	0 0	0 0	17 (100,0)
Comparación				
	Coronal		<0,001	
	Medio		--	

4.6.2. EndoREZ®

En la Tabla 13 se detalla la distribución del patrón de fractura en los grupos en los que se utilizó EndoREZ® como cemento sellador.

De nuevo, el patrón mixto de fractura volvió a ser el más frecuente en los cinco grupos de preparación de la dentina (100%), tanto en el tercio coronal como en el tercio medio. Tan sólo el tercio coronal del grupo sin preparación (66,7%), el tercio medio del grupo preparado con NaOCl5% (63,2%) y el tercio coronal del grupo NaOCl5% + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure (57,9%) mostraron porcentajes de patrón mixto más bajo.

Tabla 13. Distribución del patrón de fractura en los grupos en los que se empleó EndoREZ®.

	Tipo		
	Adhesivo	Cohesivo	Mixto
Sin preparación			
Coronal	0 0	2 (33,3)	4 (66,7)
Medio	0 0	0 0	12 (100,0)
Optibond® Solo Plus™ Dual Cure			
Coronal	0 0	0 0	30 (100,0)
Medio	0 0	0 0	30 (100,0)
Clearfil™ Liner Bond 2V			
Coronal	0 0	0 0	17 (100,0)
Medio	0 0	0 0	16 (100,0)
NaOCl5%			
Coronal	0 0	0 0	12 (100,0)
Medio	3 (15,7)	4 (21,1)	12 (63,2)
NaOCl5% + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure			
Coronal	5 (26,3)	3 (15,8)	11 (57,9)
Medio	0 0	0 0	15 (100,0)
Comparación			
Coronal		<0,001	
Medio		<0,001	

4.7. IMÁGENES DEL PATRÓN DE FRACTURA

A continuación se presentan imágenes de algunos de los grupos de estudio (Figuras 17-22).



Figura 17. Fractura adhesiva (AH Plus™).

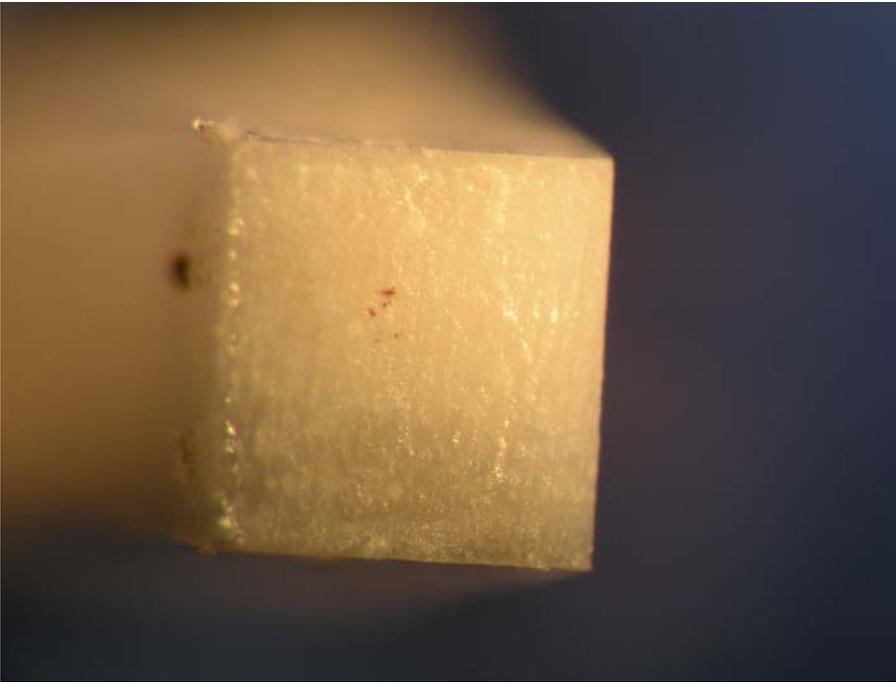


Figura 18. Fractura adhesiva (AH Plus™ + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure).

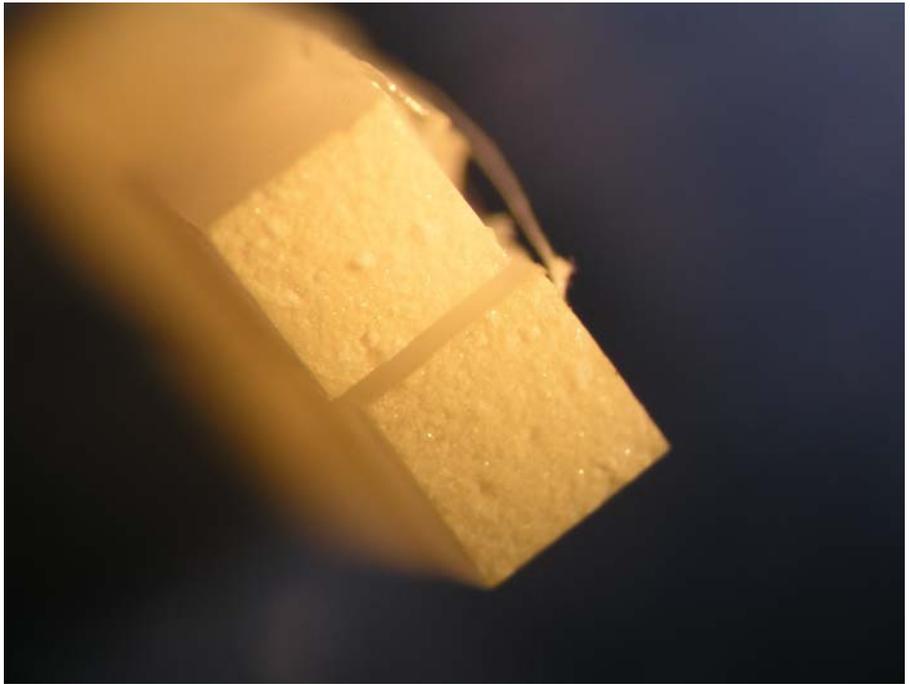


Figura 19. Fractura cohesiva (EndoREZ®).

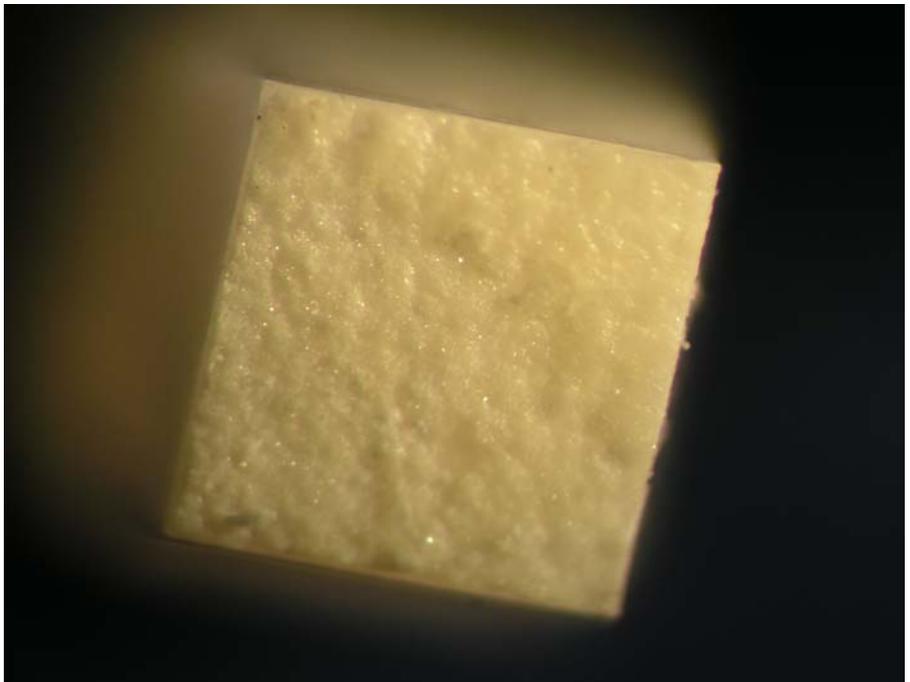


Figura 20. Fractura cohesiva (AH Plus™ + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure).

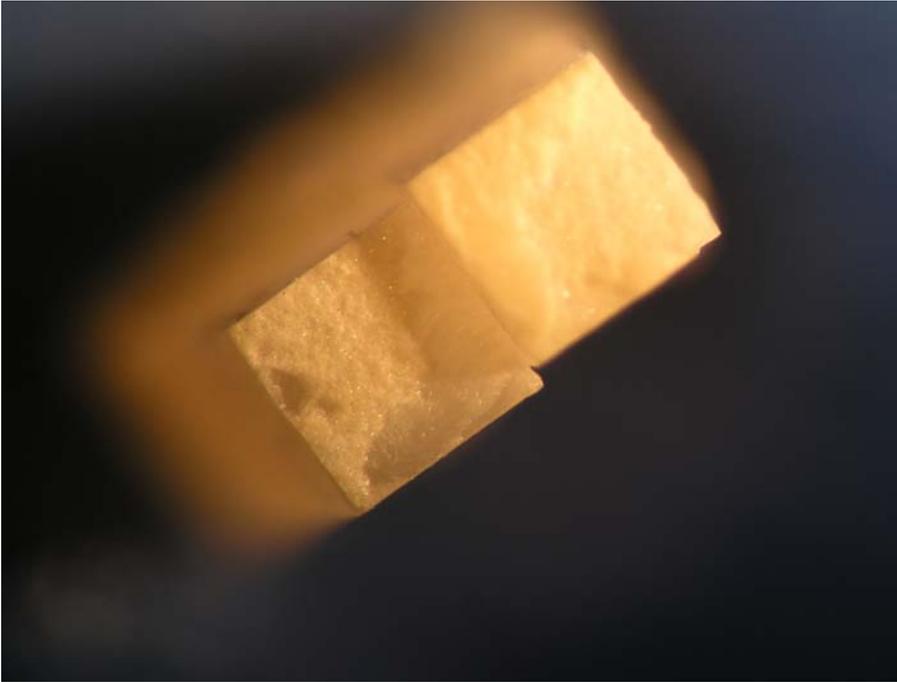
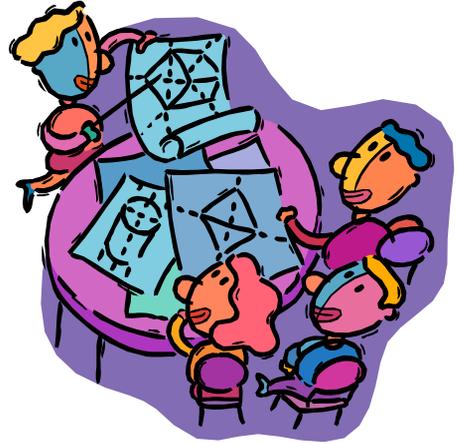


Figura 21. Fractura mixta (AH Plus™ + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure+ NaOC15).



Figura 22. Fractura mixta (EndoREZ® + Optibond® Solo Plus™ Dual Cure).



El uso de la gutapercha y de los 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 dentinarias del conducto radicular¹⁰⁸. Para minimizar la filtración apical y coronal tras la obturación de los conductos se han utilizado adhesivos de grabado total y adhesivos de autograbado, capaces de mejorar el sellado de la dentina intrarradicular¹⁰⁹. Sin embargo, estas técnicas adhesivas se han visto dificultadas por la falta de copolimerización entre los adhesivos dentinarios basados en metacrilato y los selladores de conductos basados en resina epóxica o en óxido de zinc eugenol¹¹⁰. Además, los cementos de resina utilizados en la obturación de conductos radiculares son difíciles de eliminar, en caso de retratamiento endodóntico¹¹¹.

No obstante, la adhesión del relleno de los conductos radiculares a la pared dentinaria parece ventajosa por dos razones: en una situación estática, eliminaría los espacios que permiten la perfusión de fluidos entre el relleno y la dentina radicular¹¹² y, dinámicamente, porque un aumento de la

¹⁰⁸ Venturi M, Breschi L. Evaluation of apical filling after warm vertical gutta-percha compaction using different procedures. *J Endod.* 2004;30(6):436-40.

¹⁰⁹ 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(1):41-4.

¹¹⁰ Lee KW, Williams MC, Camps JJ, Pashley DH. Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. *J Endod.* 2002; 28(10): 684-8.

¹¹¹ Ruddle CJ. Nonsurgical retreatment. *J Endod.* 2004;30(12):827-45.

¹¹² Orstavik D, Eriksen HM, Beber-Olsen EM. Adhesive properties and leakage of root canal sealers in vitro. *Int Endod J.* 1983;16(2):59-63.

fuerza de adhesión a dentina disminuiría riesgo de movimiento del relleno del conducto radicular durante los procesos de restauración¹¹³.

En el presente estudio se evaluó la fuerza de adhesión de dos selladores endodónticos, AH Plus™ y EndoREZ®, a dentina radicular bovina, mediante pruebas de microtensión. La dentina fue pretratada con ácido ortofósforico en ocho de los grupos de estudio para conseguir la remoción del barrillo dentinario y aumentar la adhesión^{114,115}. Las diferencias de pretratamiento en estos grupos radicarón en el uso o no de NaOCl al 5% y de Optibond® Solo Plus™ Dual Cure como adhesivo dentinario. En los otros dos grupos se utilizó el sistema adhesivo de autograbado Clearfil™ Liner Bond 2V.

5.1. VALIDEZ INTERNA DEL ESTUDIO

La dentina radicular humana no es uniforme, existen variaciones en su estructura y composición entre los distintos tercios del conducto; no obstante estas diferencias no afectan la capacidad de adhesión de distintos sistemas adhesivos¹¹⁶.

En este estudio hemos empleado dientes bovinos por la facilidad de encontrar especímenes y porque su tamaño permite homogeneizar las muestras al obtener un grupo completo de trabajo a partir de un solo diente. Además, los dientes bovinos son considerados como un sustituto aceptable para los estudios de laboratorio. Diversos autores encuentran fuerzas de unión similares a esmalte y dentina coronal en dientes humanos y dientes bovinos utilizando cinco cementos dentales y dos composites^{117,118,119}. Reeves et al. no hallaron diferencias estadísticamente significativas en los resultados obtenidos por dientes humanos y bovinos en pruebas de microfiltración¹²⁰.

Durante años se han realizado pruebas de laboratorio convencionales para recoger y comparar datos sobre la calidad de la adhesión a esmalte y den-

¹¹³ Tagger M, Tagger E, Tjan A, Bakland LK. Measurement of adhesion of endodontic sealers to dentin. *J Endod.* 2002;28(5):351-4.

¹¹⁴ Gogos C, Stavrianos C, Kolokouris I, Papadoyannis I, Economices N. Shear bond strength of AH-26 root canal sealer to dentine using three dentine bonding agents. *J Dent.* 2003;31(5):321-6.

¹¹⁵ Gettleman BH, Messer HH, ElDeeb ME. Adhesion of sealer cements to dentin with and without the smear layer. *J Endod.* 1991;17(1):15-20.

¹¹⁶ Schwartz RS. Adhesive dentistry and endodontics. Part 2: bonding in the root canal system the promise and the problems: a review. *J Endod.* 2006;32(12):1125-34.

¹¹⁷ Nakamichi I, Iwaku M, Fusayama T. Bovine teeth as possible substitutes in the adhesion test. *J Dent Res.* 1983;62(10):1076-81.

¹¹⁸ Saunders WP. The shear impact retentive strengths of four dentine bonding agents to human and bovine dentine. *J Dent Res.* 1988;67(5):233-8.

¹¹⁹ Schilke R, Baus O, Lisson JA, Schuckar M, Geurtsen W. Bovine dentin as a substitute for human dentin in shear bond strength measurements. *Am J Dent.* 1999;12(2):92-6.

¹²⁰ Reeves GW, Fitchie JG, Hembree JH Jr, Puckett AD. Microleakage of new dentin bonding systems using human and bovine teeth. *Oper Dent.* 1995;20(6):230-5.

tina de múltiples sistemas adhesivos. No obstante, estudios sobre las propiedades físicas de estas pruebas indican que los resultados pueden verse muy influenciados por la geometría de los especímenes y las condiciones experimentales^{121,122}. Así, los test para medir fuerzas de adhesión no están estandarizados. Unos miden la fuerza tensil necesaria para romper la unión adhesiva, mediante fuerzas perpendiculares a la interfase entre el material y la superficie dentinaria. Otros miden la fuerza de cizalla, donde la fuerza es paralela entre el material y la superficie dentinaria. En general, no imitan las condiciones clínicas, obteniéndose modelos que son difíciles de reproducir y a veces de interpretar¹²³.

En un intento de controlar esta variabilidad se desarrolló la técnica de microtensión¹²⁴. Aplicada con éxito en diversos sustratos y materiales, la prueba de microtensión ha demostrado gran versatilidad y fiabilidad¹²⁵.

El método de microtensión se centra en las pequeñas dimensiones de los especímenes. Dichos especímenes presentan formas muy diversas (reloj de arena, barrita...) y se obtienen mediante secciones transversales y longitudinales de los dientes. Además permiten trabajar con secciones de 0,5 a 1,5 mm², dependiendo de la técnica; lo cual reduce la superficie de adhesión, supuestamente con una estructura más uniforme, y permite una distribución más regular del estrés y por tanto una aproximación más real a los mecanismos de adhesión^{126,127,128,129}. Como resultado de esta distribución de estrés más uniforme, la presentación de fracturas cohesivas en la dentina es menos frecuente.

Otro avance que aporta la microtensión es la capacidad de investigar mejor las diferencias en las condiciones de adhesión de pequeñas y contiguas porciones de tejido dental, tales como dentina *versus* esmalte, dentina

¹²¹ Van Noort R, Cardew GE, Howard IC, Noroozi S. The effect of local interfacial geometry on the measurement of the tensile bond strength to dentin. *J Dent Res*. 1991;70(5): 889-93.

¹²² Van Noort R, Noroozi S, Howard IC, Cardew GE. A critique of bond strength measurements. *J Dent*. 1989;17(2):61-7.

¹²³ Wennberg A, Orstarvik D. Adhesion of root canal sealers to bovine dentine and gutta-percha. *Int J Endod*. 1990;23(1):13-9.

¹²⁴ Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM. Adhesion testing of dentin bonding agents. A review. *Dent Mat*. 1995;11(2):117-25.

¹²⁵ Sano H, Shono T, Sonoda H, Pashley DH. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength-evaluation of a micro-tensile test. *Dent Mat*. 1994;10(4):236-40.

¹²⁶ Shono Y, Terashita M, Pashley EL, Brewer PD, Pashley DH. Effects of cross-sectional area on resin-enamel tensile bond strength. *Dent Mat*. 1997;13(5):290-6.

¹²⁷ Phrukkanon S, Burrow MF, Tyas MJ. The influence of cross-sectional shape and surface area on the microtensile bond test. *Dent Mat*. 1998;14(3):212-21.

¹²⁸ Shono Y, Ogawa T, Terashita M, Carvalho RM, Pashley EL, Pashley DH. Regional measurement of resin-dentin bonding as an array. *J Dent Res*. 1999;78(2):669-705.

¹²⁹ Sano H, Shono T, Sonoda H, Pashley DH. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength-evaluation of a micro-tensile test. *Dent Mat*. 1994;10(4):236-40.

coronal *versus* radicular, dentina superficial *versus* profunda, dentina sana *versus* cariada, y dentina seca *versus* húmeda^{130,131,132,133}.

La capacidad de obtener múltiples especímenes de cada diente es otra de las ventajas del método, pues permite reducir el número de pasos y el tiempo del estudio^{134,135}.

Como ya se ha puesto de manifiesto, esta técnica es muy exacta, pero también muy sensible. La etapa más exigente es la preparación, en particular el corte y/o desgaste de los especímenes, ya que puede conducir al fracaso prematuro de la adhesión, muy probablemente, debido a la transmisión de las vibraciones^{136,137,138}. Obviamente, el fracaso prematuro disminuye el tamaño muestral. Cuando se preparan especímenes en forma de reloj de arena mediante fresado es más probable ocasionar fallos prematuros en la interfase adhesiva. Por otro lado, las técnicas de corte sin desgaste, que dan lugar a la forma de barrita, son menos traumáticas y son capaces de medir fuerzas de adhesión de 5 MPa^{139,140,141}.

En este estudio, los especímenes han sido preparados mediante técnica de corte y hemos tenido pérdida de muestras, debido a fracturas prematuras, durante su procesamiento. Algunos autores¹⁴², utilizando esta técnica para medir las fuerzas de adhesión a esmalte y dentina coronal, no obtuvieron fracasos prematuros con los sistemas adhesivos Clearfil™ SE Bond y Excite®. No obstante, cuando las fuerzas de adhesión obtenidas son relativamente bajas (de 5 a 7 MPa), como ocurre en nuestro estudio, puede ocurrir el

¹³⁰ Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM. Adhesion testing of dentin bonding agents. A review. *Dent Mat.* 1995;11(2):117-25.

¹³¹ Yoshiyama M, Carvalho RM, Sano H, Horner JA, Brewer PD, Pashley DH. Regional bond strength of resins to human root dentin. *J Dent Res.* 1996;24(6):435-42.

¹³² Yoshiyama M, Sano H, Ebisu S, Tagami J, Ciucchi B, Carvalho RM, et al. Regional strengths of bonding agents to cervical sclerotic root dentin. *J Dent Res* 1996;75(6):1404-13.

¹³³ Nakajima M, Sano H, Burrow MF, Tagami J, Yoshiyama M, Ebisu S, et al. Tensile bond strength and SEM evaluation of caries-affected dentin using adhesives. *J Dent Res.* 1995;74(10):1679-88.

¹³⁴ Schreiner RF, Chappell RP, Glaros AG, Eick JD. Microtensile testing of dentin adhesives. *Dent Mat.* 1998;14(3):194-201.

¹³⁵ Shono Y, Ogawa T, Terashita M, Carvalho RM, Pashley EL, Pashley DH. Regional measurement of resin-dentin bonding as an array. *J Dent Res.* 1999;78(2):669-705.

¹³⁶ Yoshiyama M, Carvalho RM, Sano H, Horner JA, Brewer PD, Pashley DH. Regional bond strength of resins to human root dentin. *J Dent Res.* 1996;24(6):435-42.

¹³⁷ Yoshiyama M, Sano H, Ebisu S, Tagami J, Ciucchi B, Carvalho RM, et al. Regional strengths of bonding agents to cervical sclerotic root dentin. *J Dent Res* 1996;75(6):1404-13.

¹³⁸ Inoue S, Vargas MA, Abe Y, Lambrechts P, Vanherle G, Sano H, et al. Microtensile bond strength of eleven contemporary adhesives to dentin. *J Adhes Dent.* 2001;3(3):237-45.

¹³⁹ Boullaiguet S, Ciucchi B, Jacoby T, Wataha JC, Pashley DH. Bonding characteristics to dentin walls of Class II cavities, in vitro. *Dent Mat.* 2001;17(4):316-21.

¹⁴⁰ Della Bona A, Anusavice KJ, Shen C. Microtensile strength of composite bonding to hot-pressed ceramics. *J Adhes Dent.* 2000;2(4):305-13.

¹⁴¹ Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM. Adhesion testing of dentin bonding agents. A review. *Dent Mat.* 1995;11(2):117-25.

¹⁴² Cardoso PEC, Sadek FT, Goracci C, Ferrari M. Adhesion testing with the microtensile method: effects of dental substrate and adhesive system on bond strength measurements. *J Adhes Dent.* 2002;4(4):291-7.

fracaso prematuro durante la preparación de los especímenes¹⁴³. Aunque la técnica de microtensión permite medir fuerzas de adhesión muy pequeñas, generadas por productos con poca capacidad adhesiva o por sustratos poco propicios para la adhesión, la preparación de muestras en estas condiciones se vuelve muy sensible y los fracasos prematuros se disparan cuanto menor es la fuerza de adhesión.

El método que se ha empleado en este trabajo para la medir las fuerzas de adhesión de los cementos endodónticos a dentina radicular es reproducible y minimiza el número de especímenes necesarios para el estudio. Sin embargo es complicado comparar los resultados obtenidos debido a la variabilidad existente en los métodos, materiales y unidades de medida encontrados en la literatura^{144,145,146,147}.

5.2. ADHESIÓN A DENTINA RADICULAR

Es un hecho bien conocido que los sistemas de adhesión a dentina tienen limitaciones. La mayoría de ellas derivan de la contracción de polimerización de estos materiales, lo que conlleva la formación de espacios o huecos entre la dentina y el material de restauración¹⁴⁸.

Otra limitación es el deterioro que sufre el adhesivo dentinario con el paso del tiempo. Además, las fuerzas funcionales contribuyen a dicho deterioro. Este fenómeno ocurre también en el conducto radicular, donde las fuerzas de flexión y torsión durante los movimientos funcionales y parafuncionales contribuyen a la ruptura de la adhesión. La pérdida de fuerza de unión es detectable en el laboratorio a partir de los tres meses¹⁴⁹, aumentando la filtración marginal con la degradación de la unión^{150,151}. Los sistemas ad-

¹⁴³ Pashley DH, Carvalho RM, Sano H, Nakajima M, Yoshiyama M, Shono Y, et al. The microtensile bond test: A review. *J Adhes Dent*. 1999;1(4):299-309.

¹⁴⁴ Ngoh EC, Pashley DH, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF. Effects of eugenol on resin bond strengths to root canal dentin. *J Endod*. 2001;27(6):411-4.

¹⁴⁵ Erdemir A, Ari H, Gungunes H, Belli S. Effect of medications for root canal treatment on bonding of root canal dentin. *J Endod*. 2004;30(2):113-6.

¹⁴⁶ Wennberg A, Orstavik D. Adhesion of root canal sealers to bovine dentine and gutta-percha. *Int Endod J*. 1990;23(1):13-9.

¹⁴⁷ Gittleman BH, Messer HH, ElDeeb ME. Adhesion of sealer cements to dentin with and without the smear layer. *J Endod*. 1991;17(1):15-20.

¹⁴⁸ Labela R, Lambrechts P, Van Meerbeek B, Vanherle G. Polymerization shrinkage and elasticity of flowable composites and filled adhesives. *Dent Mat*. 1999;15(2):128-37.

¹⁴⁹ De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res*. 2005;84(2):118-32.

¹⁵⁰ Okuda M, Pereira PN, Nakajima M, Tagami J, Pashley DH. Long-term durability of resin dentin interface: nanoleakage vs. microtensile bond strength. *Oper Dent*. 2002;27(3):289-96.

¹⁵¹ Okuda M, Pereira PN, Nakajima M, Tagami J. Relationship between nanoleakage and long-term durability of dentin bonds. *Oper Dent*. 2001;26(5):482-90.

hesivos de grabado y lavado de tres pasos muestran menor degradación que los demás sistemas adhesivos¹⁵².

Un factor importante en la fuerza y en la estabilidad de la adhesión resina-dentina es la completa infiltración de la resina en la dentina desmineralizada. Si la resina no infiltra totalmente la dentina desmineralizada se produce un movimiento de fluidos entre la capa híbrida y la dentina no infiltrada, provocando un deterioro precoz de la adhesión. La entrada de moléculas de agua puede provocar hidrólisis y plastificación de los componentes de la resina. La plastificación es un proceso en el cual la resina absorbe los fluidos y se degradan sus propiedades mecánicas. La hidrólisis provocada puede romper la unión covalente entre las fibras de colágeno y los polímeros de la resina¹⁵³.

En dentina radicular existen otros problemas: aquellos que se derivan de la dificultad de aplicación de los sistemas adhesivos en el interior del conducto radicular. Es muy complicado conseguir una aplicación uniforme del imprimador y/o del adhesivo en la totalidad del conducto y, más aún, en el tercio apical radicular. Tampoco es fácil eliminar el componente volátil del adhesivo. Así pues, estos hechos afectan negativamente al proceso de adhesión¹⁵⁴. No obstante, en el método que se ha utilizado en este estudio se ha podido aplicar fácilmente el adhesivo y el cemento sellador.

Además, debido a la limitación de la penetración de la luz en el interior del conducto radicular, deben utilizarse adhesivos de autocurado o de curado dual. La lenta polimerización de estos adhesivos disminuye el estrés provocado por la contracción de polimerización en la interfase resina-dentina, pero aumenta la percolación de agua, al actuar el adhesivo como una membrana semipermeable¹⁵⁵.

Los sistemas adhesivos de autograbado, generalmente, muestran bajas fuerzas de adhesión a dentina cuando se usan con composites de autocurado, o de curado dual que no son activados con luz¹⁵⁶. Esto se fundamenta en que las resinas de autocurado contienen en el catalizador aminas terciarias de alto pH, para iniciar la reacción de polimerización. La inclusión de monómeros ácidos en los sistemas adhesivos de autograbado neutraliza parcialmente el pH de las aminas terciarias, haciendo menos efectivo el

¹⁵² De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res*. 2005;84(2):118-32.

¹⁵³ De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res*. 2005;84(2):118-32.

¹⁵⁴ Tay FR, Pashley DH, Yoshiyama M. Two modes of nanoleakage expression in single-step adhesives. *J Dent Res*. 2002;81(7):472-6.

¹⁵⁵ Schwartz RS. Adhesive dentistry and endodontics. Part 2: bonding in the root canal system: the promise and the problems: a review. *J Endod*. 2006;32(12):1125-34.

¹⁵⁶ Foxton RM, Nakajima M, Tagami J, Miura H. Bonding of photo and dual-cure adhesives to root canal dentin. *Oper Dent*. 2003;28(5):543-51.

proceso químico de polimerización del composite de autocurado¹⁵⁷. En el caso de utilizar sistemas de autograbado es conveniente utilizar aquellos que contengan ácidos débiles ya que cuanto mayor es su pH menos interferirá con las aminas terciarias del composite.

Otro problema asociado con los sistemas adhesivos de autograbado, cuando se usan con resinas de autocurado o de curado dual, es que son altamente hidrofílicos y actúan como membranas permeables. Debido a la lenta polimerización de la resina se produce la difusión de la humedad procedente de la dentina, y la creación de burbujas de agua en la interfase; reduciéndose así la fuerza de adhesión¹⁵⁸. Esto no ocurre en las zonas polimerizadas por luz, ni cuando se utilizan los sistemas adhesivos de grabado y lavado de tres pasos. La polimerización de la capa de resina sin relleno sobre el primer ácido reduce los problemas de permeabilidad dentinaria.

Los dos cementos selladores testados en este estudio, AH Plus™ y EndoREZ®, han demostrado adhesión a dentina radicular. La mayoría de los autores^{159,160,161} encuentran las fuerzas de unión a dentina más altas con selladores basados en resina como AH 26®, AH Plus™ y EndoREZ®, frente a diferentes grupos de selladores testados. No obstante, los resultados son diferentes a los nuestros ya que emplearon métodos, substratos y espesores de muestra totalmente distintos.

Eldeniz et al.¹⁶² compararon la adhesión a dentina coronal de Diaket®, AH Plus™ y EndoREZ®, en presencia o ausencia de smear layer. La adhesión para los tres selladores se vio incrementada en ausencia de barrillo dentinario, encontrando diferencias estadísticamente significativas entre AH Plus™ frente a EndoREZ® y Diaket®. AH Plus™ mostró los valores más altos de adhesión a dentina. Estos autores atribuyen sus resultados a que la fuerza cohesiva de EndoREZ® puede ser menor que su fuerza adhesiva, o a que algunos cementos selladores se comportan de manera distinta dependiendo del grosor de la capa de material que se esté midiendo. Nuestros resultados coinciden con estos autores, ya que los valores de EndoREZ® son, en todos los grupos de estudio, menores que los obtenidos por AH Plus™, salvo en el grupo en el que no se realizó ninguna preparación a los especímenes.

¹⁵⁷ Tay FR, Pashley DH, Yiu CK, Sanares AM, Wei SH. Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and chemically-cured or dual-cured composites. Part 1. Single-step self-etching adhesive. *J Adhes Dent.* 2003;5(1):27-40.

¹⁵⁸ Tay FR, Frankenberger R, Krejci I, Bouillaguet S, Pashley DH, Carvalho RM, et al. . Single-bottle adhesives behave as permeable membranes after polymerization. I. In vivo evidence. *J Dent.* 2004;32(8):611-21.

¹⁵⁹ Orstavik D, Eriksen HM, Beyer-Olsen EM. Adhesive properties and leakage of root canal sealers in vitro. *Int Endod J.* 1983;16(2):59-63.

¹⁶⁰ Eldeniz AU, Erdemir A, Belli S. Shear bond strength of three resin based sealers to dentin with and without the smear layer. *J Endod.* 2005;31(4):293-6.

¹⁶¹ Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo M, Orstavik D. The effects of dentine pretreatment on the adhesion of root canal sealer. *Int J Endod.* 2002;35(10):859-66.

¹⁶² Eldeniz AU, Erdemir A, Belli S. Shear bond strength of three resin based sealers to dentin with and without the smear layer. *J Endod.* 2005;31(4):293-6.

Saleh et al.¹⁶³ midieron las fuerzas de unión de selladores basados en óxido de zinc (sellador de Grossman), hidróxido de calcio (Apexit[®]), vidrio ionómero (Ketac[™]-Endo), silicona (Roeko Seal) y resina (AH Plus[™]), utilizando diferentes pretratamientos: EDTA al 17% (5 min), ácido cítrico al 25% (30 s), ácido ortofosfórico al 37% (30 s) y agua destilada. AH Plus[™] obtuvo los valores de adhesión mayores en los grupos tratados con agua destilada o con ácido ortofosfórico

Otros autores^{164,165} han estudiado la fuerza de adhesión del sellador AH 26[®], precursor de AH Plus[™], obteniendo valores más bajos que los alcanzados por AH Plus[™] nuestro estudio. Esto puede deberse a las mejores propiedades adhesivas de AH Plus[™] respecto a AH 26[®].

Gogos et al.¹⁶⁶ encontraron que el uso de los sistemas adhesivos Single Bond, Bond-1 y Clearfil[™] SE Bond aumentó significativamente la adhesión de AH 26[®] a la dentina del conducto radicular. Los mejores resultados fueron obtenidos con el sistema adhesivo de autograbado Clearfil[™] SE Bond. Coincidimos con ellos en el aumento de adhesión mostrado por un sellador de epoxy-resina, en nuestro caso AH Plus[™], cuando se utiliza con el sistema adhesivo Optibond[®] Solo Plus[™] de curado dual, frente a su empleo como único material de relleno. Pero nuestros resultados difieren en la menor fuerza de adhesión que muestra el adhesivo de autograbado Clearfil[™] Liner Bond 2V, al compararlo con el adhesivo de grabado total Optibond[®] Solo Plus[™] Dual. Las diferencias encontradas con el adhesivo de autograbado pueden estar relacionadas con la distinta metodología empleada y la diferente polimerización de los adhesivos utilizados.

Hayashi et al.¹⁶⁷ encontraron que los valores de adhesión del cemento de resina de curado dual Duo-Link[™] disminuían al utilizar un agente adhesivo de autograbado (Tyrian[™] SPE más One Step[®] Plus); en comparación con los resultados obtenidos con un adhesivo de grabado total (ácido fosfórico al 32% más One Step[®]). Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el presente trabajo con los selladores de resina utilizados. En todos los casos en que se empleó la preparación con ácido fosfórico más Optibond[®] Solo Plus[™] Dual, los valores obtenidos fueron más altos que cuando se utilizó el sistema adhesivo Clearfil[™] Liner Bond 2V.

¹⁶³ Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo M, Orstarvik D. The effects of dentine pretreatment on the adhesion of root canal sealer. *Int J Endod.* 2002;35(10):859-66.

¹⁶⁴ Gettleman BH, Messer HH, ElDeeb ME. Adhesion of sealer cements to dentin with and without the smear layer. *J Endod.* 1991;17(1):15-20.

¹⁶⁵ Lee KW, Williams MC, Camps JJ, Pashley DH. Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. *J Endod.* 2002; 28(10): 684-8.

¹⁶⁶ Gogos C, Stavrianos C, Kolokouris I, Papadoyannis I, Economices N. Shear bond strength of AH-26 root canal sealer to dentine using three dentine bonding agents. *J Dent.* 2003;31(5):321-6.

¹⁶⁷ Hayashi M, Takahashi Y, Hirai M, Iwami Y, Imazato S, Ebisu S. Effect of endodontic irrigation on bonding of resin cement to radicular dentin. *Eur J Oral Sci.* 2005;113(1):70-6.

Los sistemas adhesivos de tres pasos siguen siendo los más efectivos¹⁶⁸. Cuando se combinan pasos para simplificar la técnica, generalmente, se obtienen valores de adhesión más bajos. Los estudios que ofrecen resultados más prometedores a la hora de simplificar pasos, abogan por el uso de sistemas adhesivos de autograbado de dos pasos¹⁶⁹. No obstante, estos resultados pueden ser distintos y no aplicables a la adhesión de selladores de resina a dentina radicular, como indican los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Algunos autores han estudiado las fuerzas de unión a dentina radicular de materiales poliméricos (núcleo y sellador) con técnica push-out. Gesi y colaboradores¹⁷⁰ obtuvieron fuerzas de adhesión a dentina radicular muy bajas con el sistema Resilon™/Epiphany® y menores a las conseguidas con gutapercha y un sellador de resina epóxica (AH Plus™). Ungor et al.¹⁷¹ no encontraron diferencias significativas en la fuerza de adhesión entre los grupos Resilon™/Epiphany® y AH Plus™-gutapercha.

Lance et al. compararon la fuerza de adhesión de Resilon™ y gutapercha a dentina radicular, obteniendo una fuerza de adhesión significativamente mayor para el grupo Resilon™/Epiphany® que la del grupo gutapercha-Kerr Pulp¹⁷². No obstante la comparación se realizó con un sellador basado en óxido de zinc-eugenol, el cual ha demostrado menor capacidad de adhesión a dentina que la de selladores basados en resina¹⁷³.

5.3. INFLUENCIA DEL HIPOCLORITO DE SODIO

La irrigación del canal radicular permite el desbridamiento, la lubricación, y la eliminación de bacterias y tejido necrótico del interior del conducto. El uso del hipoclorito sódico como solución irrigadora, durante y tras la preparación de conductos radiculares, es habitual en la práctica endodóntica¹⁷⁴.

¹⁶⁸ Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, *et al.* Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent.* 2003;28(3):215-35.

¹⁶⁹ Van Meerbeek B, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Peumans M. A randomized controlled study evaluating the effectiveness of a two-step self-etch adhesive with and without selective phosphoric-acid etching of enamel. *Dent Mat.* 2005;21(4):375-83.

¹⁷⁰ Gesi A, Raffaelli O, Goracci C, Pashley DH, Tay FR, Ferrari M. Interfacial strength of Resilon and gutta-percha to intraradicular dentin. *J Endod.* 2005;31(11):809-13.

¹⁷¹ Ungor M, Okay EO, Orucoglu H. Push-out bond strengths: the Epiphany-Resilon endodontic obturation system compared with different pairings of Epiphany, Resilon, AH Plus and gutta-percha. *Int Endod J.* 2006;39(8):643-6.

¹⁷² Skidmore LJ, Berzins DW, Bahcall JK. An in vitro comparison of the intraradicular dentin bond strength of resilon and gutta-percha. *J Endod.* 2006;32(10):963-6.

¹⁷³ Ngoh EC, Pashley DH, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF. Effects of eugenol on resin bond strengths to root canal dentin. *J Endod.* 2001;27(6):411-4.

¹⁷⁴ Erdemir A, Ari H, Gungunes H, Belli S. Effect of medications for root canal treatment on bonding of root canal dentin. *J Endod.* 2004;30(2):113-6.

Es conocido que el uso de hipoclorito sódico disuelve la matriz de colágeno expuesta tras el acondicionamiento ácido de la dentina¹⁷⁵. El oxígeno liberado de las soluciones de hipoclorito sódico causa inhibición de la polimerización en la interfase de unión de materiales adhesivos. Además, los radicales libres que se forman al tratar la dentina con NaOCl pueden competir con los radicales libres de vinilo, que se generan durante la activación con luz de los sistemas adhesivos, ocasionando terminaciones prematuras de las cadenas y, por tanto, polimerizaciones incompletas.

Los resultados de nuestro trabajo demuestran que todos los grupos tratados con hipoclorito de sodio al 5%, tras el pretratamiento con ácido ortofosfórico al 37%, obtienen una reducción significativa en la fuerza de adhesión a dentina radicular. Así, encontramos los valores más bajos de adhesión, tanto en el tercio coronal como en el medio, para los dos cementos selladores estudiados, cuando se preparan los especímenes con hipoclorito sódico.

Morris et al.¹⁷⁶, utilizando hipoclorito de sodio al 5% y RC-Prep™ en la preparación biomecánica de conductos radiculares obturados con cemento C&B Metabond®, encontraron una reducción significativa en la fuerza de adhesión resina-dentina.

Erdemir y colaboradores¹⁷⁷ realizaron pruebas de microtensión en secciones obtenidas de conductos radiculares obturados con C&B Metabond® y tratados previamente con distintos agentes: hipoclorito de sodio al 5%, H₂O₂, una combinación de ambos agentes, gluconato de clorhexidina al 0.2%, hidróxido de calcio y formocresol. Los valores de fuerza de adhesión a dentina mostraron que el tratamiento con hipoclorito de sodio al 5%, H₂O₂ o la combinación de ambos influían negativamente en la fuerza de adhesión del cemento a dentina radicular.

Ari et al.¹⁷⁸ obturaron conductos radiculares con C&B Metabond®, Panavia F™, Variolink® II y RelyX™, con y sin pretratamiento con hipoclorito de sodio al 5% de la dentina radicular. Tras someter los especímenes a pruebas de microtensión, encontraron que la utilización de NaOCl al 5% disminuyó la fuerza de adhesión de los cuatro cementos testados.

La aplicación de hipoclorito de sodio al 5% en dentina coronal causa, igualmente, una reducción significativa de las fuerzas de adhesión. La apli-

¹⁷⁵ Nikaido T, Takano Y, Sasafuchi Y, Burrow MF, Tagami J. Bond strengths to endodontically-treated teeth. *Am J Dent.* 1999;12(4):177-80.

¹⁷⁶ Morris MD, Lee KW, Agee KA, Bouillaguet S, Pashley DH. Effects of sodium hypochlorite and RC-Prep on bond strengths of resin cement to endodontic surfaces. *J Endod.* 2001;27(12):753-7.

¹⁷⁷ Erdemir A, Ari H, Gungunes H, Belli S. Effect of medications for root canal treatment on bonding of root canal dentin. *J Endod.* 2004;30(2):113-6.

¹⁷⁸ Ari H, Yasar E, Belli S. Effects of NaOCl on bond strengths of resin cements to root canal dentin. *J Endod.* 2003;29(4):248-51.

cación de un adhesivo dentinario en estos sustratos no es capaz de restaurar la fuerza y la dureza original de la dentina¹⁷⁹.

El uso de hipoclorito sódico también ha demostrado reducir significativamente la adhesión de un sistema adhesivo de grabado total a las paredes dentinarias de la cámara pulpar¹⁸⁰.

Una posible solución para neutralizar la liberación de radicales libres provocada por el hipoclorito de sodio es la aplicación de agentes reductores como el ácido ascórbico o el ascorbato de sodio después de la irrigación¹⁸¹.

5.4. INFLUENCIA DE LA REGIÓN RADICULAR

El presente estudio se ha realizado en dentina radicular. Para valorar la influencia o no de las diferencias anatomo-histológicas entre la dentina radicular más próxima a la cámara pulpar y la más cercana a la zona apical radicular, se establecieron dos grupos de estudio; uno en el tercio coronal radicular y otro en el tercio medio. El tercio apical fue descartado por la imposibilidad de ser testado mediante el método empleado en este trabajo.

Pocos estudios analizan la adhesión de materiales a dentina radicular diferenciando las distintas regiones de ésta. Foxton et al.¹⁸² estudiaron la adhesión a dentina radicular, coronal y apical, de composites de curado dual, usando adhesivos de uno y de dos pasos. En dicho estudio, las fuerzas de adhesión obtenidas no fueron dependientes de la densidad de túbulos dentinarios. Giannini et al.¹⁸³ estudiaron la influencia de la densidad tubular en la adhesión a dentina coronal, a nivel superficial, medio y profundo, del adhesivo de autograbado Clearfil™ Liner Bond 2V y del adhesivo de grabado total Prime&Bond® 2.1. Sus resultados muestran que el sistema adhesivo autograbante se vio menos influenciado por la profundidad de dentina y la densidad tubular que el adhesivo de grabado total. Además, aunque se observaron diferencias significativas entre la densidad tubular de las distintas regiones de dentina coronal, no las hubo en las fuerzas de adhesión del sistema adhesivo autograbante.

¹⁷⁹ Fuentes V, Ceballos L, Osorio R, Toledano M, Carvalho RM, Pashley DH. Tensile strength and microhardness of treated human dentin. *Dent Mat.* 2004;20(6):522-9.

¹⁸⁰ Vongphan N, Senawongse P, Somsiri W, Harnirattisai C. Effects of sodium ascorbate on microtensile bond strength of total-etching adhesive system to NaOCl treated dentine. *J Dent.* 2005;33(8):689-95.

¹⁸¹ Lai SC, Mak YF, Cheung GS, Osorio R, Toledano M, Carvalho RM, et al. Reversal of compromised bonding to oxidized etched dentin. *J Dent Res.* 2001;80(10):1919-24.

¹⁸² Foxton RM, Nakajima M, Tagami J, Miura H. Bonding of photo and dual-cure adhesives to root canal dentin. *Oper Dent.* 2003;28(5):543-51.

¹⁸³ Giannini M, Carvalho RM, Martins LR, Dias CT, Pashley DH. The influence of tubule density and area of solid dentin on bond strength of two adhesive systems to dentin. *J Adhes Dent.* 2001;3(4):315-24.

Ferrari et al.¹⁸⁴ encontraron que la densidad tubular en dentina radicular era mayor a nivel cervical y que iba disminuyendo significativamente en los tercios medio y apical.

Al igual que Foxtton et al.¹⁸⁵, en este estudio no se han encontrado diferencias significativas entre los tercios coronal y medio, en todos los grupos en los que se utilizó EndoREZ® como cemento sellador. Con AH Plus™ solamente encontramos diferencias significativas cuando se preparó la dentina con Clearfil™ Liner Bond 2V: la fuerza de adhesión a dentina fue mayor en el tercio coronal que en el tercio medio.

5.5. PATRÓN DE FRACTURA

En todos los grupos de estudio el patrón de fractura predominante fue de tipo mixto, poniendo de manifiesto las bajas fuerzas de unión obtenidas con los selladores de resina y los adhesivos dentinarios utilizados. Este hecho puede deberse, en parte, a las bajas fuerzas cohesivas de los cementos selladores endodónticos y, por otra parte, a la pobre unión del sellador a dentina, cuando no utilizamos adhesivos, y a los sistemas adhesivos dentinarios utilizados. También es importante destacar que la técnica de microtensión utilizada en este trabajo difiere de la empleada por otros autores, que usan técnicas, materiales y procedimientos distintos.

Algunos autores encuentran un predominio de patrones de fractura de tipo adhesivo en sus estudios de adhesión. Lance y colaboradores¹⁸⁶ utilizan pruebas de push-out para testar la fuerza de adhesión de gutapercha y un cemento basado en óxido de zinc eugenol (Kerr Pulp) y de Resilon™/Epiphany® a dentina radicular. Los patrones de fractura encontrados fueron de carácter adhesivo. Al microscopio electrónico de barrido observaron una infiltración incompleta del adhesivo en el interior de la dentina, con la existencia de túbulos dentinarios vacíos.

Ungor y colaboradores¹⁸⁷, al estudiar la adhesión a dentina de AH Plus™ y gutapercha, AH Plus™ y Resilon™, Epiphany® y gutapercha, y Epiphany® y Resilon™, también encontraron fallos mayoritariamente adhesivos con técnica push-out. Para justificar este patrón adhesivo argumentaron que es razonable que el sellador Epiphany® adhiriese más fuertemente a Resilon™ que a dentina.

¹⁸⁴ Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Cagidiaco MC, Mjör IA. Bonding to root canal: structural characteristics of the substrate. *Am J Dent.* 2000;13(5):255-60.

¹⁸⁵ Foxtton RM, Nakajima M, Tagami J, Miura H. Bonding of photo and dual-cure adhesives to root canal dentin. *Oper Dent.* 2003;28(5):543-51.

¹⁸⁶ Skidmore LJ, Berzins DW, Bahcall JK. An in vitro comparison of the intraradicular dentin bond strength of resilon and gutta-percha. *J Endod.* 2006;32(10):963-6.

¹⁸⁷ Ungor M, Okay EO, Orucoglu H. Push-out bond strengths: the Epiphany-Resilon endodontic obturation system compared with different pairings of Epiphany, Resilon, AH Plus and gutta-percha. *Int Endod J.* 2006;39(8):643-6.

En el presente estudio, una posible explicación del fallo en la fase adhesiva del patrón mixto, puede estar relacionada con una polimerización defectuosa del cemento de autocurado. Esto puede deberse a la disminución del potencial de óxido-reducción del catalizador de los selladores de autocurado, determinada por los monómeros ácidos incluidos en la composición de los sistemas adhesivos. Este hecho podría explicar las bajas fuerzas de unión entre el adhesivo y el sellador, lo cual se pone de manifiesto con mayor relevancia en los adhesivos de autograbado.

En otros estudios, en los que se emplean técnicas de microtensión por cizalla, los patrones de fractura varían dependiendo del diseño del trabajo. Hiraishi y colaboradores¹⁸⁸ evalúan la fuerza de adhesión de Resilon™ a Next, un sellador de conductos radiculares basado en metacrilato, y a un composite. En el grupo Resilon™/composite, las fuerzas obtenidas eran más altas y la mayoría de los fracasos encontrados eran de tipo mixto. En el grupo Resilon™/Next predominaban los fracasos de tipo adhesivo.

Gogos et al.¹⁸⁹ testaron la fuerza de adhesión de AH 26® a dentina radicular utilizando tres sistemas adhesivos. En todos los grupos observaron fallos adhesivos y cohesivos. En los grupos en los que se emplearon agentes adhesivos predominó el patrón de fractura de tipo adhesivo, lo que justificaba por una posible unión química entre el sellador y el adhesivo. Cuando no se emplearon agentes adhesivos, predominó el patrón de fractura cohesivo.

Lee et al.¹⁹⁰ evaluaron la fuerza de adhesión de cinco selladores endodónticos a gutapercha y a dentina. AH-26® obtuvo la mayor fuerza de adhesión (2,06 MPa) y la mayoría de los fallos fueron adhesivos. Esto pudo deberse a que las resinas epóxicas pueden reaccionar con algún grupo amino expuesto en la matriz de colágeno formando uniones covalentes entre la resina y el colágeno.

Gogos y colaboradores¹⁹¹ encontraban en el distinto pretratamiento dentinario la causa de porqué su patrón de fractura difería del encontrado por Lee y colaboradores¹⁹²: éstos no pretrataron la dentina ni con EDTA, ni con

¹⁸⁸ Hiraishi N, Papacchini F, Loushine RJ, Weller RN, Ferrari FN, Pashley DH, et al. Shear bond strength of Resilon to a methacrylate-based root canal sealer. *Int Endod J.* 2005;38(10):753-63.

¹⁸⁹ Gogos C, Stavrianos C, Kolokouris I, Papadoyannis I, Economices N. Shear bond strength of AH-26 root canal sealer to dentine using three dentine bonding agents. *J Dent.* 2003;31(5):321-6.

¹⁹⁰ Lee KW, Williams MC, Camps JJ, Pashley DH. Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. *J Endod.* 2002; 28(10): 684-8.

¹⁹¹ Gogos C, Stavrianos C, Kolokouris I, Papadoyannis I, Economices N. Shear bond strength of AH-26 root canal sealer to dentine using three dentine bonding agents. *J Dent.* 2003;31(5):321-6.

¹⁹² Lee KW, Williams MC, Camps JJ, Pashley DH. Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. *J Endod.* 2002; 28(10): 684-8.

fosfórico, mientras que Gogos et al. sí eliminaron el barrillo dentinario con estos agentes.

Es evidente que, en este trabajo, en la mayoría de casos, las fuerzas de unión adhesivas fueron muy similares a las fuerzas cohesivas de los cementos selladores utilizados. La alta incidencia de patrones de fractura mixtos pone de manifiesto la deficiencia adhesiva de los cementos selladores durante la obturación de conductos radiculares. Hecho que se ve agravado, sin duda, por las características anatómico-estructurales y dificultades operatorias que acontecen durante el tratamiento endodóntico.



Una vez expuestos los Resultados del estudio y la Discusión de los mismos, se ha llegado a las siguientes conclusiones.

1. AH Plus™ obtuvo mejores resultados de adhesión que EndoREZ® en dentina radicular coronal, salvo cuando no existió acondicionamiento previo. En el tercio medio, AH Plus™ alcanzó mayores fuerzas de adhesión a dentina cuando se combinó con adhesivo Optibond® Solo Plus™ Dual Cure o con dicho adhesivo dentinario e hipoclorito de sodio al 5%.
2. El adhesivo de grabado total Optibond® Solo Plus™ Dual Cure logró fuerzas de adhesión a dentina radicular, tanto coronal como media, significativamente mayores que el adhesivo de autograbado Clearfil™ Liner Bond 2V, con ambos cementos selladores.
3. El hipoclorito de sodio al 5% redujo la fuerza de adhesión a dentina radicular coronal y media de AH Plus™ y EndoREZ®, cuando se utilizó solo o con Optibond® Solo Plus™ Dual Cure.
4. No existieron diferencias entre la adhesión a dentina radicular coronal y la adhesión a dentina media alcanzada por AH Plus™ y EndoREZ®, excepto cuando se usó AH Plus™ con Clearfil™ Liner Bond 2V.
5. El tipo de fallo más frecuente con ambos cementos selladores, tanto en el tercio coronal como en el tercio medio, en todas las modalidades de preparación de la dentina, fue el mixto.



Aboush YE, Jenkins CB. An evaluation of the bonding of glass-ionomer restoratives to dentine and enamel. *Br Dent J.* 1986;161(5):179-84.

Allen KW. Theories of adhesión. En: Packham DE, ed. *Handbook of adhesión.* Essex: Longman Scientific & Technical; 1992. p. 473-475.

Anic I, Shirasuka T, Matsumoto K. Scanning electron microscopic evaluation of two compaction techniques using a composite resin as a root canal filling material. *J Endod.* 1995;21(12):594-8

Ari H, Yasar E, Belli S. Effects of NaOCl on bond strengths of resin cements to root canal dentin. *J Endod.* 2003;29(4):248-51.

Armstrong SR, Vargas MA, Fang Q, Laffoon JE. Microtensile bond strength of a total etch 3-step, total etch 2-step, self etch 2-step and a self etch 1-step dentin bonding system through 15 month water storage. *J Adhes Dent.* 2003;5(1):47-56.

Becce C, Pameijer CH. SEM study of new endodontic root canal sealer [Abstract n. 2483]. *J Dent Res.* 2001;80:144.

Benatti O, Stolf WL, Ruhnke LA. Verification of the consistency, setting time, and dimensional changes of root-canal filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1978;46(1):107-13.

Bergmans L, Moisiadis P, De Munck J, Van Meerbeek B, Lambrechts P. Effect of polymerization shrinkage on the sealing capacity of resin fillers for endodontics use. *J Adhes Dent*. 2005;7(4):321-9.

Bottino MA, Cagnone GR. Estética en rehabilitación oral: metal free. Sao Paulo: Artes Médicas; 2001. p. 27.

Boullaiguet S, Ciucchi B, Jacoby T, Wataha JC, Pashley DH. Bonding characteristics to dentin walls of Class II cavities, in vitro. *Dent Mat*. 2001;17(4):316-21.

Buttler TK, Crawford JJ. The detoxifying effect of varying concentration of sodium hypochlorite on endotoxins. *J Endod*. 1982;8(2):59-66.

Calt S, Serper A. Smear layer removal by EGTA. *J Endod*. 2000;26(8):459-61.

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

Canalda-Sahli C, Brau-Aguade E, Sentis-Vilalta J, Aguade-Bruix S. The apical seal of root canal sealing cements using a radionuclide detection technique. *Int Endod J*. 1992;25(5):250-6.

Cardoso PEC, Sadek FT, Goracci C, Ferrari M. Adhesion testing with the microtensile method: effects of dental substrate and adhesive system on bond strength measurements. *J Adhes Dent*. 2002;4(4):291-7.

Carrilho MR, Tay FR, Pashley DH, Tjaderhane L, Carvalho RM. Mechanical stability of resin-dentin bond components. *Dent Mat*. 2005;21(3):232-41.

Ciucchi B, Khettabi M, Holz J. The effectiveness of different endodontic irrigation procedures on the removal of the smear layer: A scanning electron microscopic study. *Int Endod J*. 1989;22(1):21-8.

Czonstkowsky M, Wilson EG, Holstein FA. The smear layer in endodontics. *Dent Clin North Am*. 1990;34(1):13-25.

Dartar Öztan M, Yilmaz S, Kalayci A, Zaimoglu L. A comparison of the in vitro cytotoxicity of two root canal sealers. *J Oral Rehabil*. 2003;30(4):426-9.

De Almeida WA, Leonardo MR, Tanomaru Filho M, Silva LA. Evaluation of apical sealing of three endodontic sealers. *Int Endod J*. 2000;33(1):25-7.

De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res*. 2005;84(2):118-32.

De Munck J, Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Suzuki K, et al. Four-year water degradation of total etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res*. 2003;82(2):136-40.

Della Bona A, Anusavice KJ, Shen C. Microtensile strength of composite bonding to hot-pressed ceramics. *J Adhe Dent*. 2000;2(4):305-13.

Eldeniz AU, Erdemir A, Belli S. Shear bond strength of three resin based sealers to dentin with and without the smear layer. *J Endod*. 2005;31(4):293-6.

Erdemir A, Adanir N, Belli S. In vitro evaluation of the dissolving effect of solvents on root canal sealers. *J Oral Sc*. 2003 Sep;45(3):123-6.

Erdemir A, Ari H, Gungunes H, Belli S. Effect of medications for root canal treatment on bonding of root canal dentin. *J Endod*. 2004;30(2):113-6.

Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Cagidiaco MC, Mjör IA. Bonding to root canal: structural characteristics of the substrate. *Am J Dent*. 2000;13(5):255-60.

Fogel HM, Pashley DH. Dentin permeability: effects of endodontic procedures on root slabs. *J Endod*. 1990;16(9):442-5.

Foxton RM, Nakajima M, Tagami J, Miura H. Bonding of photo and dual-cure adhesives to root canal dentin. *Oper Dent*. 2003;28(5):543-51.

Frankenberger R, Pashley DH, Reich SM, Lohbauer U, Petschelt A, Tay FR. Characterization of resin-dentine interfaces by compressive cyclic loading. *Biomaterials*. 2005;26(14):2043-52.

Fuentes V, Ceballos L, Osorio R, Toledano M, Carvalho RM, Pashley DH. Tensile strength and microhardness of treated human dentin. *Dent Mat*. 2004;20(6):522-9.

Garberoglio R, Brännström M. Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. *Arch Oral Biol.* 1976;21(6):355-62.

Gernhardt CR, Kruger T, Bekes K, Schaller HG. Apical sealing ability of 2 epoxy resin-based sealers used with root canal obturation techniques based on warm gutta-percha compared to cold lateral condensation. *Quintessence Int.* 2007;38(3):229-34.

Gesi A, Goracci C, Pashley DH, Tay FR, Ferrari M. Interfacial strength of Resilon and gutta-percha to intraradicular dentin. *J Endod.* 2005;31(11):809-13.

Gesi A, Raffaelli O, Goracci C, Pashley DH, Tay FR, Ferrari M. Interfacial strength of Resi-Ion and gutta-percha to intraradicular dentin. *J Endod.* 2005;31(11):809-13.

Gettleman BH, Messer HH, EIDeeb ME. Adhesion of sealer cements to dentin with and without the smear layer. *J Endod.* 1991;17(1):15-20.

Giannini M, Carvalho RM, Martins LR, Dias CT, Pashley DH. The influence of tubule density and area of solid dentin on bond strength of two adhesive systems to dentin. *J Adhes Dent.* 2001;3(4):315-24.

Gogos C, Stavrianos C, Kolokouris I, Papadoyannis I, Economides N. Shear bond strength of AH-26 root canal sealer to dentine using three dentine bonding agents. *J Dent.* 2003;31(5):321-6.

Gouveia MA, Fontes Carvalho M, Paulo M. Smear layer en Endodoncia: una revisión bibliográfica. *Endodoncia.* 2002;20:100-8.

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(3):266-71.

Grossmann LI. Physical properties of root canal cements. *J Endod* 1976;2(6):166-75.

Hayashi M, Takahashi Y, Hirai M, Iwami Y, Imazato S, Ebisu S. Effect of endodontic irrigation on bonding of resin cement to radicular dentin. *Eur J Oral Sci.* 2005;113(1):70-6.

Hiraishi N, Papacchini F, Loushine RJ, Weller RN, Ferrari FN, Pashley DH, et al. Shear bond strength of Resilon to a methacrylate-based root canal sealer. *Int Endod J.* 2005;38(10):753-63.

Ingle JI, West JD. Obturación del espacio radicular. En: Ingle JI, Bakland LK, eds. Endodoncia 4ª ed. México: McGraw-Hill Interamericana, 1996, pag.244.

Innocenti M, Bertelli E, Ferrari M. Dye leakage and SEM study of roots obturated with Thermafill and dentin bonding agent. Endod Dent Traumatol. 1999;15(2):60-4.

Inoue S, Vargas MA, Abe Y, Lambrechts P, Vanherle G, Sano H, et al. Microtensile bond strength of eleven contemporary adhesives to dentin. J Adhes Dent. 2001;3(3):237-45.

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(5):211-3.

Kont Çobankara F, Adanir N, Belli S, Pashley DH. A quantitative evaluation of apical leakage of four root-canal sealers. Int Endod J. 2002;35(12):979-84.

Labela R, Lambrechts P, Van Meerbeek B, Vanherle G. Polymerization shrinkage and elasticity of flowable composites and filled adhesives. Dent Mat. 1999;15(2):128-37.

Lai SC, Mak YF, Cheung GS, Osorio R, Toledano M, Carvalho RM, et al. Reversal of compromised bonding to oxidized etched dentin. J Dent Res. 2001;80(10):1919-24.

Lee KW, Williams MC, Camps JJ, Pashley DH. Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. J Endod. 2002; 28(10): 684-8.

Leonard JE, Gutmann JL, Guo IY. Apical and coronal seal of roots obturated with a dentine bonding agent and resin. Int Endod J. 1996;29(2):76-83.

Leonardo MR, Medeiros Salgado AA, Bezerra da Silva LA, Tanomaru Filho M. Apical and periapical repair of dogs' teeth with periapical lesions after endodontic treatment with different root canal sealers. Pesqui Odontol Bras. 2003;17(1):69-74.

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(9):109-13.

Louw NP, Pameijer CH, Normal G. Histopathological evaluation of a root canal sealer in subhuman primates [Abstract n. 1019]. *J Dent Res.* 2001;79:654.

Lucena-Martín C, Ferrer-Luque C, 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(6):423-6.

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

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(1):41-4.

Mannocci F, Innocenti M, Ferrari M. Stereomicroscopic and scanning electron microscopic study of roots obturated with vertically condensed gutta-percha, epoxy resin cement, and dentin bonding agent. *J Endod.* 1998;24(6):397-400.

Marshall Jr GW. Dentin: microstructure and characterization. *Quintessence Int.* 1993;24(9):606-17.

McMichen FRS, Pearson G, Rahbaran H, Gulavibala K. A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. *Int Endod J.* 2003;36(9):629-35.

Miletic I, Jukic S, Anic I, Zeljezic D, Garaj-Vrhovac V, Osmak M. Examination of cytotoxicity and mutagenicity of AH 26 and AH Plus sealers. *Int Endod J.* 2003;36(5):330-5.

Mjör IA, Fejerskov O. *Embriología e histología oral humana*. Barcelona: Salvat; 1989. p. 83.

Mjör IA, Nordahl I. The density and branching of dentinal tubules in human teeth. *Arch Oral Biol.* 1996;41(5):401-12.

Mjör IA, Smith MR, Ferrari M, Manocci F. The structure of dentine in the apical region of human teeth. *Int Endod J.* 2001;34(5):346-53.

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;26:[Epub ahead of print].

Morris MD, Lee KW, Agee KA, Bouillaguet S, Pashley DH. Effects of sodium hypochlorite and RC-Prep on bond strengths of resin cement to endodontic surfaces. *J Endod*. 2001;27(12):753-7.

Nakajima M, Sano H, Burrow MF, Tagami J, Yoshiyama M, Ebisu S, et al. Tensile bond strength and SEM evaluation of caries-affected dentin using adhesives. *J Dent Res*. 1995;74(10):1679-88.

Nakamichi I, Iwaku M, Fusayama T. Bovine teeth as possible substitutes in the adhesion test. *J Dent Res*. 1983;62(10):1076-81.

Ngoh EC, Pashley DH, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF. Effects of eugenol on resin bond strengths to root canal dentin. *J Endod*. 2001;27(6):411-4.

Nikaido T, Takano Y, Sasafuchi Y, Burrow MF, Tagami J. Bond strengths to endodontically-treated teeth. *Am J Dent*. 1999;12(4):177-80.

O'Brien WJ. Surface phenomena and adhesion. En: O'Brien WJ, ed. *Dental Materials, properties and selection*. Chicago, IL: Quintessence; 1989. p. 71-88.

Okuda M, Pereira PN, Nakajima M, Tagami J, Pashley DH. Long-term durability of resin dentin interface: nanoleakage vs. microtensile bond strength. *Oper Dent*. 2002;27(3):289-96.

Okuda M, Pereira PN, Nakajima M, Tagami J. Relationship between nanoleakage and long-term durability of dentin bonds. *Oper Dent*. 2001;26(5):482-90.

Orstavik D, Eriksen HM, Beyer-Olsen EM. Adhesive properties and leakage of root canal sealers in vitro. *Int Endod J*. 1983;16(2):59-63.

Orstavik D. Endodontic materials. *Adv Dent Res*. 1988;2(1):12-24.

Packham DE. Adhesion. En: Packham DE, ed. *Handbook of adhesion*. Essex: Longman Scientific & Technical; 1992. p. 18-20.

Padrós Pradera E, Rodríguez Vallejo J. Cómo obtener un sellado microscópico de las paredes de los conductos radiculares (técnica original). *Rev Eur Odonto Estomatol.* 2002;XIV(5):263-74.

Pashley DH, Carvalho RM, Sano H, Nakajima M, Yoshiyama M, Shono Y, et al. The microtensile bond test: A review. *J Adhes Dent.* 1999;1(4):299-309.

Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM. Adhesion testing of dentin bonding agents. A review. *Dent Mat.* 1995;11(2):117-25.

Phrukkanon S, Burrow MF, Tyas MJ. The influence of cross-sectional shape and surface area on the microtensile bond test. *Dent Mat.* 1998;14(3):212-21.

Pommel L, About I, Pashley D, Camps J. Apical leakage of four endodontic sealers. *J Endod.* 2003;29(3):208-10.

Powis DR, Folleras T, Merson SA, Wilson AD. Improved adhesion of glass ionomer cement to dentin and enamel. *J Dent Res.* 1982;61(12):1416-22.

Pulgar R, Segura-Egea JJ, Fernández MF, Serna A, Olea O. The effect of AH 26 and AH Plus on MCF-7 breast cancer cell proliferation *in vitro*. *Int Endod J.* 2002;35(6):551-6.

Rawlinson A. Sealing root canal with low-viscosity resins in vitro: A scanning electron microscopy study of canal cleansing and resin adaptation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1989;68(3):330-8.

Real Academia de la Lengua Española. *Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española*, 22^a ed. Madrid: Espasa-Calpe; 2001.

Reeves GW, Fitchie JG, Hembree JH Jr, Puckett AD. Microleakage of new dentin bonding systems using human and bovine teeth. *Oper Dent.* 1995;20(6):230-5.

Roggendorf MJ, Ebert J, Petschelt A, Frankenberger R. Influence of moisture on the apical seal of root canal fillings with five different types of sealer. *J Endod.* 2007;33(1):31-3.

Ruddle CJ. Nonsurgical retreatment. *J Endod.* 2004;30(12):827-45.

Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo M, Orstarvik D. The effects of dentine pretreatment on the adhesion of root canal sealer. *Int J Endod.* 2002;35(10):859-66.

Sano H, Shono T, Sonoda H, Pashley DH. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength-evaluation of a micro-tensile test. *Dent Mat.* 1994;10(4):236-40.

Saunders WP. The shear impact retentive strengths of four dentine bonding agents to human and bovine dentine. *J Dent Res.* 1988;16(5):233-8.

Schilke R, Bauss O, Lisson JA, Schuckar M, Geurtsen W. Bovine dentin as a substitute for human dentin in shear bond strength measurements. *Am J Dent.* 1999;12(2):92-6.

Schreiner RF, Chappell RP, Glaros AG, Eick JD. Microtensile testing of dentin adhesives. *Dent Mat.* 1998;14(3):194-201.

Schwartz RS. Adhesive dentistry and endodontics. Part 2: bonding in the root canal system- the promise and the problems: a review. *J Endod.* 2006;32(12):1125-34.

Shirai K, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Lambrechts P, Suzuki K, et al. Effect of cavity configuration and aging on the bonding effectiveness of six adhesives to dentin. *Dent Mat.* 2005;21(2):110-24.

Shono Y, Ogawa T, Terashita M, Carvalho RM, Pashley EL, Pashley DH. Regional measurement of resin-dentin bonding as an array. *J Dent Res.* 1999;78(2):669-705.

Shono Y, Terashita M, Pashley EL, Brewer PD, Pashley DH. Effects of cross-sectional area on resin-enamel tensile bond strength. *Dent Mat.* 1997;13(5):290-6.

Skidmore LJ, Berzins DW, Bahcall JK. An in vitro comparison of the intraradicular dentin bond strength of resilon and gutta-percha. *J Endod.* 2006;32(10):963-6.

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

Tagger M, Tagger E, Tjan A, Bakland LK. Measurement of adhesion of endodontic sealers to dentin. *J Endod.* 2002;28(5):351-4.

Tanomaru-Filho M, Jorge EG, Guerreiro Tanomaru JM, Goncalves M. Radiopacity evaluation of new root canal filling materials by digitalization of images. *J Endod.* 2007;33(3):249-51.

Tauber R, Morse DR, Sinai IA, Furst ML. A magnifying lens comparative evaluation of conventional and ultrasonically energized filling. *J Endod.* 1983;9(7):269-74.

Tay FR, Frankenberger R, Krejci I, Bouillaguet S, Pashley DH, Carvalho RM, et al. . Single-bottle adhesives behave as permeable membranes after polymerization. I. In vivo evidence. *J Dent.* 2004;32(8):611-21.

Tay FR, Loushine RJ, Lambrechts P, Weller RN, Pashley DH. Geometric factors affecting dentin bonding in root canals: a theoretical modeling approach. *J Endod.* 2005;31(8):584-9.

Tay FR, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, Pashley DH, Mak YF, et al. Ultrastructural evaluation of the apical seal in roots filled with a polycaprolactone-based root canal filling material. *J Endod.* 2005;31(7):514-9.

Tay FR, Pashley DH, Yiu CK, Sanares AM, Wei SH. Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and chemically-cured or dual-cured composites. Part 1. Single-step self-etching adhesive. *J Adhes Dent.* 2003;5(1):27-40.

Tay FR, Pashley DH, Yoshiyama M. Two modes of nanoleakage expression in single-step adhesives. *J Dent Res.* 2002;81(7):472-6.

Teixeira CS, Felipe MCS, Felipe WT. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. *Int Endod J.* 2005;38(5):285-90.

Timpawat S, Harnirattisai C, Senawongs P. Adhesion of a glass-ionomer root canal sealer to the root canal wall. *J Endod.* 2001; 27(3): 168-71.

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

Ungor M, Okay EO, Orucoglu H. Push-out bond strengths: the Epiphany-Resilon endodontic obturation system compared with different pairings of Epiphany, Resilon, AH Plus and gutta-percha. *Int Endod J.* 2006;39(8):643-6.

van Amerongen JP, Davidson CL, Opdam NJM, Roeters FJM, Kidd EAM. Restoring the tooth: "the seal is the deal". En: Fejerskov O, Kidd EAM, eds. *Dental Caries. The disease and its clinical management.* Oxford: Blackwell Munkgaard; 2003. p.275-292.

Van Meerbeek B, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Peumans M. A randomized controlled study evaluating the effectiveness of a two-step self-etch adhesive with and without selective phosphoric-acid etching of enamel. *Dent Mat.* 2005;21(4):375-83.

Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, *et al.* Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent.* 2003;28(3):215-35.

Van Noort R, Cardew GE, Howard IC, Noroozi S. The effect of local interfacial geometry on the measurement of the tensile bond strength to dentin. *J Dent Res.* 1991;70(5): 889-93.

Van Noort R, Noroozi S, Howard IC, Cardew GE. A critique of bond strength measurements. *J Dent.* 1989;17(2):61-7.

Ventura M, Prati C, Capella G, Falconi M, Breschi L. A preliminary analysis of the morphology of lateral canals after root canal filling using a tooth-clearing technique. *Int Endod J.* 2003;36(1):54-63.

Venturi M, Breschi L. Evaluation of apical filling after warm vertical gutta-percha compaction using different procedures. *J Endod.* 2004;30(6):436-40.

Vongphan N, Senawongse P, Somsiri W, Harnirattisai C. Effects of sodium ascorbate on microtensile bond strength of total-etching adhesive system to NaOCl treated dentine. *J Dent.* 2005;33(8):689-95.

Weiger R, Heuchert T, Hahn R, Löst C. Adhesión of a glass ionomer cement to human radicular dentine. *Endod Dent Traumatol.* 1995;11(5):214-9.

Wennberg A, Orstavik D. Adhesion of root canal sealers to bovine dentine and gutta-percha. *Int Endod J.* 1990;23(1):13-9.

White RR, Goldman M, Lin PS. The influence of the smear-layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *J Endod.* 1984;10(12):558-62.

Whitworth JM, Boursin EM. Dissolution of root canal sealer cements in volatile solvents. *Int Endod J.* 2000;33(1):19-24.

Yguel-Henry S, Vannesson H, Von Stebut J. High precision, simulated cutting efficiency measurement of endodontic root canal instruments: influence of file configuration and lubrication. *J Endod.* 1990;16(9):418-22.

Yoshikawa T, Sano H, Burrow MF, Tagami J, Pashley DH. Effects of dentin depth and cavity configuration on bond strength. *J Dent Res.* 1999;78(4):898-905.

Yoshiyama M, Carvalho RM, Sano H, Horner JA, Brewer PD, Pashley DH. Regional bond strength of resins to human root dentin. *J Dent Res.* 1996;24(6):435-42.

Yoshiyama M, Sano H, Ebisu S, Tagami J, Ciucchi B, Carvalho RM, et al. Regional strengths of bonding agents to cervical sclerotic root dentin. *J Dent Res* 1996;75(6):1404-13.

Zidan O, Eldeeb ME. The use of a dentinal bonding agent as a root canal sealers. *J Endod.* 1985;11(4):176-8.

Zmener O, Pameijer CH. Clinical and radiographic evaluation of a resin-based root canal sealer. *Am J Dent.* 2004;17(1):19-22.

Zmener O. Tissue response to a new methacrylate-based root canal sealer: preliminary observations in the subcutaneous connective tissue of rats. *J Endod.* 2004;30(5):348-51.