

Adhesivos dentinarios en conductos radiculares

Kerstin Bitter, Dr. med. dent., y Andrej M. Kielbassa, Prof. Dr. med. dent.

El sellado que ofrecen las obturaciones de gutapercha en los tratamientos endodónticos no se considera óptimo. La aplicación de adhesivos para el sellado de los conductos radiculares, en cambio, ha arrojado resultados muy prometedores en diversos estudios. Con los nuevos productos disponibles en el mercado se esperan solucionar problemas como la complejidad asociada a los retratamientos y el tiempo de procesamiento cuando se utilizan selladores con base de metacrilato, si bien por el momento no se puede realizar ninguna recomendación concreta en este sentido. La cementación adhesiva de pernos radiculares reforzados con fibra parece ofrecer buenos resultados a la hora de evitar la pérdida de retención, perforaciones con el empleo de fresas y fracturas radiculares. No obstante, dado que todavía no se dispone de resultados de estudios clínicos prospectivos a largo plazo sobre los pernos reforzados con fibra, las estructuras con pernos metálicos fabricadas en el laboratorio siguen siendo las de primera elección.

(Quintessenz. 2005;56(10):1045-52)

Sellado de obturaciones

La eficacia de un tratamiento endodóntico se caracteriza por una obturación del sistema de conductos radiculares hasta la constricción apical completa, duradera y estanca a las bacterias y a los líquidos, además de por una restauración con corona postendodoncia hermética. La causa principal del fracaso en endodoncia son las filtraciones coronales que se producen cuando el tratamiento es deficiente²⁷.

En un estudio in vitro, el 50% de las obturaciones de conductos radiculares realizadas con gutapercha sin sellado hermético habían sido completamente colonizadas por bacterias a los 30 días³⁵, lo cual demuestra que las obturaciones de gutapercha no ofrecen un sellado satisfactorio. Esta problemática supone el punto de partida de la idea de sellar los conductos radiculares con adhesivo para evitar la penetración de bacterias. Esta solución permitiría, en caso de pérdida de la restauración coronal, crear una barrera adicional para evitar la infiltración de bacterias en el sistema de conductos radiculares.

El sellado de los conductos radiculares con sistemas adhesivos para conseguir una obturación estanca ya fue descrito a mediados de los años ochenta. Con él se obtuvieron valores más favorables que con las técnicas de obturación convencionales, aunque también se producía una penetración de colorante que es motivo de controversia desde hace algún tiempo³⁷. Los problemas detectados en aquel entonces tenían que ver con el procesamiento, la radioopacidad, la biocompatibilidad y la retirada del material en caso de retratamiento.

Fundamentos de la adherencia a la dentina

La adherencia a la dentina se basa en un anclaje micro-mecánico del adhesivo a la estructura de colágeno des-

Correspondencia: Policlínica de Odontología Conservadora y Períodoncia. Clínica y Policlínicas de Odontología y Medicina oral y maxilofacial. Campus Benjamin Franklin del Hospital Universitario Charité de Berlín. Assmannshauser Strasse 4-6. 14197 Berlín. Alemania.
Correo electrónico: kerstin.bitter@charite.de

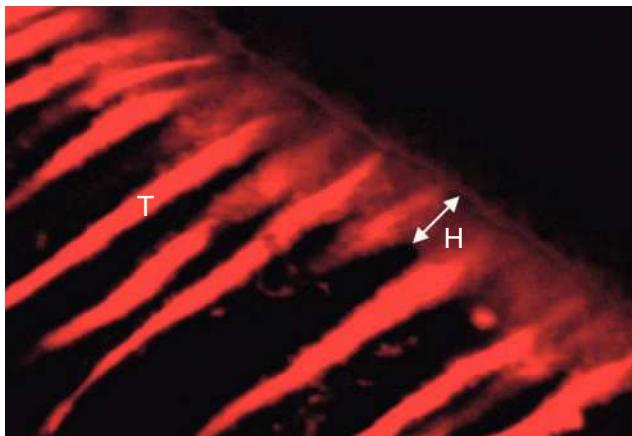


Figura 1. Imagen obtenida mediante microscopio de barrido por láser confocal del sistema adhesivo New Bond con el cemento de composite Clearfil Core. La flecha indica la capa híbrida (H); los tags de resina están marcados con una T.

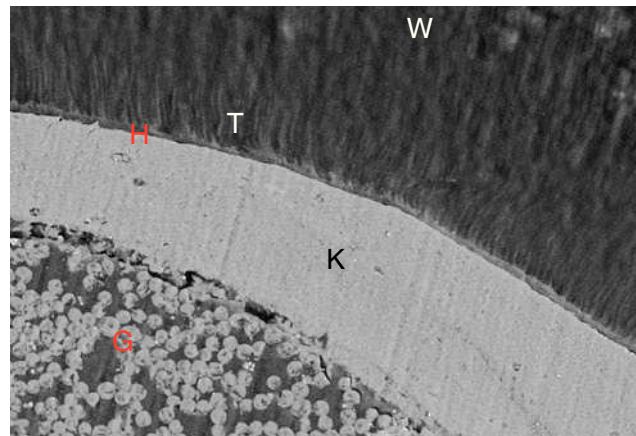


Figura 2. Sección transversal de un conducto radicular en el que se ha cementado un perno de fibra de vidrio (G). La capa correspondiente al cemento de composite (K) se reconoce claramente. La penetración del adhesivo en la dentina (W) se aprecia por medio de la capa híbrida (H) y de los tags de resina (T).

mineralizado de la dentina y en una retención macromecánica formada por prolongaciones de resina introducidas en los túbulos dentinarios. Las moléculas anfífilicas (HEMA, TEGDMA) que contiene el acondicionador impregnan las fibras colágenas de la dentina intertubular, creando así la condición necesaria para la penetración del adhesivo en los espacios nanoscópicos del entramado colagenoso. De esa forma se crea una zona mixta compuesta por dentina desmineralizada y resina, denominada capa híbrida, que se considera un factor esencial para la adhesión a la dentina²³. La penetración del adhesivo en los túbulos dentinarios y en sus microconductos laterales genera las prolongaciones de resina («resin tags») mencionadas anteriormente. La integración de estos «tags» en la capa híbrida es sumamente importante tanto para el sellado estanco como para la retención^{9,19}. Los adhesivos autoacondicionadores preparan e infiltran la dentina en un solo paso¹².

Particularidades estructurales de la dentina adyacente a los conductos radiculares

En la utilización de la técnica adhesiva en conductos radiculares es importante tener en cuenta las particularidades estructurales de la dentina adyacente al conducto radicular. El número de túbulos dentinarios va disminuyendo desde el límite amelocementario en dirección apical. Se ha constatado además una marcada presencia de dentina secundaria y de tejido cementario²¹. Por otro lado, con la preparación del conducto radicular se genera un barrillo dentinario («smear layer») en el conducto

radicular que se introduce por compresión entre 5 y 40 μm en los túbulos dentinarios por la instrumentación y que se compone de restos de dentina triturada, de tejido pulpar y, en caso de que la pulpa estuviera infectada, de bacterias. Por esa razón, la eliminación o penetración del barrillo dentinario es de gran importancia en la aplicación de sistemas adhesivos en el conducto radicular a fin de crear una unión con la dentina adyacente. A pesar de estas condiciones aparentemente más desfavorables para la unión adhesiva que en el caso de la dentina coronal, los valores de adherencia obtenidos son similares a los de dicho tipo de dentina²⁰. En diversos estudios micromorfológicos realizados con microscopio electrónico de barrido y con microscopio de barrido por láser confocal se objetivó una unión entre la dentina del conducto radicular y diferentes sistemas adhesivos (figs. 1 y 2), lo que permite augurar prometedores resultados en la aplicación de adhesivos dentinarios en el conducto radicular^{1,6,16}. En un primer momento se estudiaron en los ensayos de laboratorio agentes adhesivos dentinarios en calidad de selladores en combinación con gutapercha como material de obturación. A nivel micromorfológico, se pudo demostrar la existencia de unión tanto entre la dentina del conducto radicular y el sellador como entre el sellador y la gutapercha^{1,16}.

En cuanto al sellado, también se ha demostrado por medio de diversos estudios la obtención de mejores resultados cuando se utilizan adhesivos dentinarios o selladores con base de metacrilato^{14,16,18}.

No obstante, se observaron algunos problemas al emplear selladores con base de metacrilato en combinación



Figura 3. Epiphany/Resilon se comercializa en un cofre que contiene puntas maestras según la norma ISO, puntas accesorias, un Primer autoacondicionador y un sellador de polimerización dual. (Fotografía por cortesía del fabricante).



Figura 4. Cáululas especiales para la aplicación de EndoREZ al conducto radicular. (Fotografía por cortesía del fabricante).

con gutapercha, puesto que la contracción que sufre el composite por polimerización produjo fisuras entre el sellador y la gutapercha. A fin de solucionar este proble-

ma se han diseñado nuevos materiales cuyo objetivo es conseguir una unión óptima entre el material de obturación y el sellador.

Selladores con base de metacrilato

Epiphany/Resilon (Pentron Clinical Technologies, Wallingford, EE.UU.) es un material de obturación radicular termoplástico, sintético, con base polimérica y elementos de relleno radioopacos (fig. 3). Según las indicaciones del fabricante, su empleo es similar al de la gutapercha y se puede retirar con mayor facilidad si se calienta o se utilizan disolventes tales como el cloroformo. Se comercializa en forma de puntas maestras normalizadas (ISO) y puntas accesorias. También se pueden adquirir pellets para obturación termoplástica. Tras la aplicación de un autoacondicionador para la obturación de los conductos radiculares se emplea un sellador de resina de polimerización dual (Bis-GMA, UDMA y metacrilatos y elementos de relleno hidrófilos y bifuncionales). Antes de la aplicación, y siguiendo las indicaciones del fabricante, los conductos radiculares se deben irrigar con EDTA al 17% y solución salina o bien gluconato de clorhexidina (CHX), a fin de eliminar cualquier resto de hipoclorito sódico (NaOCl). La empresa SybronEndo (Orange, EE.UU.) distribuye este material con una presentación ligeramente modificada con el nombre RealSeal.

Un estudio publicado recientemente ha demostrado que la utilización de este material evita la penetración de las bacterias *streptococcus mutans* y *enterococcus faecalis*, algo que no se consigue con las obturaciones convencionales con gutapercha y AH Plus²⁹. En una serie de ensayos posterior, los mismos autores demostraron en un experimento in vivo con perros que se producía una presencia significativamente menor de inflamaciones periapicales con Epiphany/Resilon que con gutapercha y AH Plus en la simulación de filtraciones coronales. Las técnicas de obturación utilizadas en el estudio (condensación lateral y vertical) no ejercieron ninguna influencia sobre los resultados³⁰. Por otro lado, los conductos radiculares obturados con Resilon mostraron una mayor resistencia a las fracturas en comparación con los conductos obturados con materiales convencionales³¹.

A pesar de ello, otro estudio micromorfológico demostró que no existían diferencias considerables en el sellado apical entre obturaciones de gutapercha y AH Plus, por un lado, y de Epiphany/Resilon, por el otro, y que con estos dos materiales no se puede conseguir un sellado hermético del sistema de conductos radiculares³². Los autores de dicho estudio hicieron especial

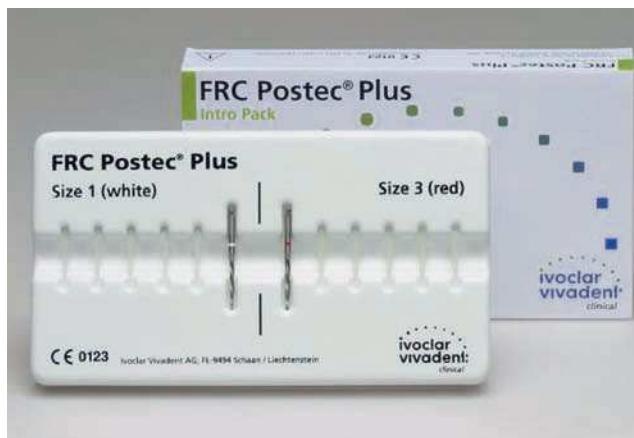


Figura 5. El sistema de fibras de vidrio FRC Postec Plus está disponible en dos formatos distintos y presenta una forma cónica. (Fotografía por cortesía del fabricante).



Figura 6. Uno de los sistemas de pernos reforzados con fibras de cuarzo disponibles en el mercado: DT Light Post (VDW, Múnich). Disponible con doble conicidad y en tres tamaños.

hincapié en que todavía no se dispone de estudios sobre una posible descomposición de Resilon ocasionada por productos del metabolismo de bacterias.

Otro sellador con base de metacrilato (UDMA) es EndoREZ (de la empresa Ultradent, South Jordan, EE.UU.), de polimerización química y cuya aplicación se recomienda combinar con puntas de gutapercha recubiertas de resina (fig. 4). Según las indicaciones del fabricante, tras limpiar e irrigar los conductos radiculares no es necesario aplicar un acondicionador adicional

de la dentina antes del sellador. La adherencia de este sellador a la dentina demostró ser, según un estudio publicado recientemente, menor que la de AH Plus¹¹. El método de la penetración de colorante, que debe ser clasificado como crítico, reveló después del acondicionamiento de la dentina del conducto radicular con EDTA al 17% un sellado apical significativamente más satisfactorio con la combinación de gutapercha y AH Plus que con EndoREZ y gutapercha aplicando la técnica de condensación lateral²⁸. También en la prueba rea-

Tabla 1. Sistemas de pernos radiculares de color dentario y cementación adhesiva

Pernos con base de óxido de zirconio estabilizado con ítrio		Pernos de composite reforzados con fibras de cuarzo y de vidrio	
Ventajas	Inconvenientes	Ventajas	Inconvenientes
Biocompatibilidad	Material rígido, riesgo de fracturas radiculares	El módulo de elasticidad se asemeja al de la dentina, lo que reduce el riesgo de fracturas radiculares	Pérdida de resistencia mecánica si se almacena en presencia de humedad
Elevada resistencia mecánica	La adherencia a cementos de composite convencionales (Bis-GMA) es reducida si no hay tratamiento previo	Adherencia aceptable tanto a cementos de composite tipo Bis-GMA como a los que contienen 10-MDP	Sin resultados de estudios clínicos prospectivos a largo plazo
Radioopacidad	Sin resultados de estudios clínicos prospectivos a largo plazo	Se retiran fácilmente en caso de retratamiento	



Figura 7. Situación inicial: el paciente presenta unas coronas anteriores deficientes. Los dientes 21 y 22 precisan un retratamiento de la obturación del conducto radicular.



Figura 8. Diente 21: tras retirar la corona, se efectúa una remoción de la caries y una nueva obturación del canal radicular.

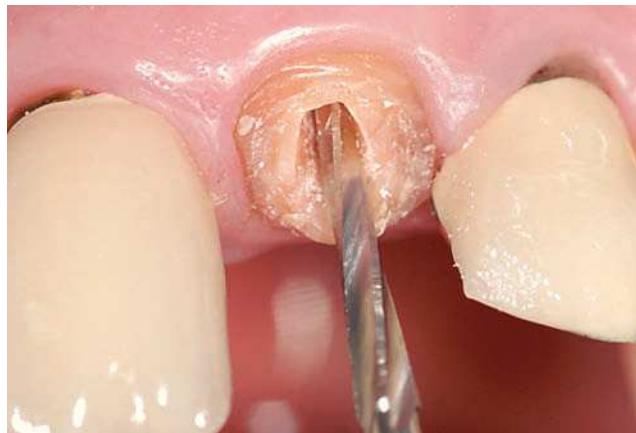


Figura 9. Preparación del conducto para el sistema de fibras de cuarzo DT Light Post (tamaño: 2) con la fresa piloto.



Figura 10. Prueba para comprobar la longitud de la perforación con la fresa piloto mediante una marca.

lizada con un método de filtración de líquidos el sellado arrojó peores resultados al combinar gutapercha con EndoREZ en comparación con la combinación de gutapercha con AH Plus aplicando la técnica con una sola punta¹⁵. No obstante, los autores subrayan que la ausencia de cierre coronal de este experimento y el consiguiente aporte continuo de oxígeno puede haber impedido una polimerización completa del material. Un primer estudio clínico retrospectivo realizado durante un período de hasta 24 meses arrojó una tasa de éxito del 91% en la aplicación de EndoREZ como sellador en combinación con gutapercha utilizando la técnica de condensación lateral³⁹.

Con todo, todavía no se dispone de estudios clínicos prospectivos controlados realizados a largo plazo sobre los materiales citados.

Cementación adhesiva de pernos radiculares

Los dientes endodonciados en los que se ha sacrificado una gran cantidad de sustancia dura y en los que el tejido duro dentario coronal remanente no ofrece una retención suficiente para la cementación adhesiva se pueden tratar con pernos prefabricados o individualizados. En este sentido, es necesario subrayar que los pernos radiculares sólo sirven para la retención de la restauración coronal y no para estabilizar las raíces³¹. Algunos estudios clínicos han demostrado que el principal motivo de fracaso de dientes endodonciados que reciben pernos radiculares es la pérdida del perno. En tratamientos con pernos radiculares metálicos se hallaron fracturas radiculares que conllevaron la extracción de los dientes afectados^{4,5,34}.

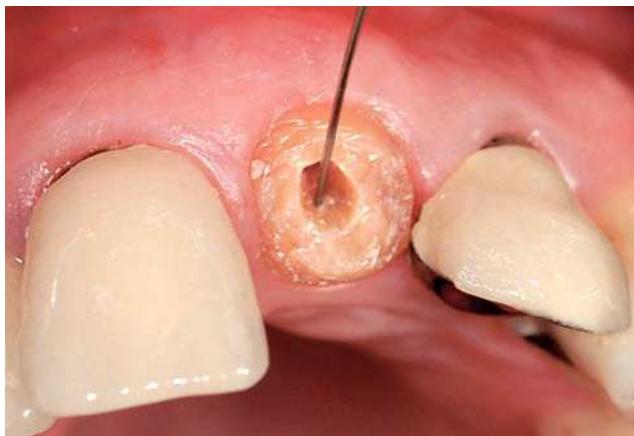


Figura 11. Acondicionamiento del conducto radicular con ácido fosfórico aplicado con una endocánula.



Figura 12. El sistema adhesivo New Bond se aplica a la dentina adyacente al conducto con ayuda de un micro-brush extrafino para cubrir toda la superficie.

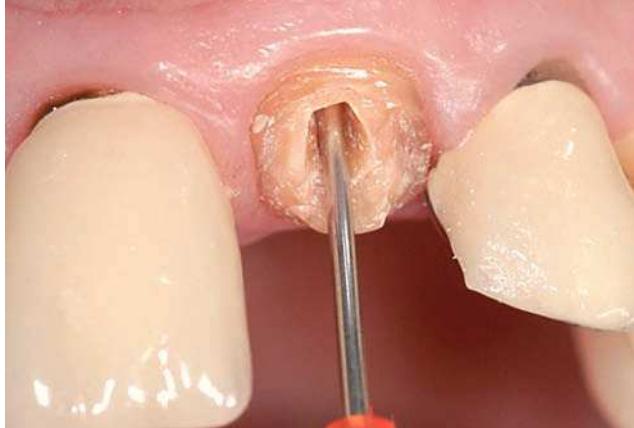


Figura 13. El cemento de composite Clearfil Core se introduce en el conducto mediante una punta con aguja (de KerrHawe, Bioggio, Suiza); a continuación, se inserta el perno.



Figura 14. Los dientes 21 y 22 son tratados con pernos de fibra de cuarzo. En los dientes endodonciados 13 a 11 sólo se realiza una reconstrucción del muñón, puesto que el grado de destrucción es mucho menor. Los dientes se prepararon para recibir prótesis provisionales de larga duración.



Figura 15. Prótesis provisionales de larga duración colocadas.

A fin de conseguir un resultado estético óptimo, en las restauraciones de cerámica sin metal se utilizan cada vez con mayor frecuencia sistemas de pernos de color dentario y de cementación adhesiva al conducto radicular. Existen en el mercado pernos de composite reforzados con fibra y pernos de cerámica con base de óxido de zirconio estabilizado con itrio (tabla 1). Los pernos de composite reforzados con fibra ofrecen la ventaja de que disponen de un módulo de elasticidad similar al de la dentina³. Esto permite que las cargas se transmitan a lo largo de todo el perno, evitando de ese modo picos de tensión que podrían provocar fracturas radiculares y la consiguiente pérdida del diente afectado. Se pueden adquirir sistemas reforzados con fibras de cuarzo y de vidrio (figs. 5 y 6). Algunos sistemas de composite reforzado con fibra tienen el inconveniente de no ser radioopacos. La empresa Ivoclar Vivadent (Schaan, Liechtenstein) ha solucionado este problema desarrollando el sistema FRC Postec Plus, que contiene un mayor número de partículas radioopacas.

Para la cementación adhesiva de los sistemas de pernos citados se dispone de autoacondicionadores y de autograbantes con ácido fosfórico. Los citados sistemas adhesivos apenas presentan diferencias por lo que respecta a la adherencia a la dentina del conducto radicular, aunque un estudio ha demostrado que los acondicionadores de ácido fosfórico arrojan mejores valores de sellado¹⁹. Así mismo, los cementos de composite se pueden clasificar en materiales convencionales con base de Bis-GMA y en aquellos que contienen un monómero de fosfato como, por ejemplo, 10-metacriloxidecyl dihidrógeno fosfato (10-MDP). Otro cemento de composite muy popular que contiene 10-MDP es el material de polimerización dual Panavia F (Kuraray, Osaka, Japón). Diversos estudios in vitro compararon los valores de adherencia de diferentes cementos de resina a los pernos radiculares de composite y a los pernos de óxido de zirconio. Los resultados arrojaron, por un lado, valores de adherencia más favorables cuando se trataba de pernos de composite reforzados con fibras y, por el otro, valores de retención más satisfactorios de cementos que contenían el citado monómero adhesivo 10-MDP^{7,13,24,25}.

Una ventaja clínicamente relevante de la cementación adhesiva de pernos radiculares reside en la menor profundidad de inserción de los pernos, posible gracias a que los valores de retención son mayores. En la práctica diaria se ha demostrado la viabilidad de la cementación hasta la mitad de la longitud de la raíz. De este modo se reduce considerablemente el riesgo de perforar la raíz en el fresa-
do piloto. Además, al parecer los pernos de composite reforzados con fibra se pueden retirar con facilidad en caso de retratamiento. Dado que las fibras están colocadas en la matriz de composite en la dirección axial del perno, sirven de guía para el sistema especial de pulido, minimizando el riesgo de perforaciones¹⁰. A pesar de las ventajas mencionadas que presentan los pernos radiculares de color dentario con cementación adhesiva, las estructuras con pernos colados se deben seguir considerando los sistemas de referencia, dado que todavía no se dispone de estudios clínicos prospectivos a largo plazo sobre pernos con cementación adhesiva¹⁷.

En el ejemplo clínico representado en las figuras 7 a 15 se empleó para la inserción del perno y para la reconstrucción del muñón el material de polimerización química Clearfil Core en combinación con el sistema adhesivo New Bond (Kuraray). Esto permite acondicionar simultáneamente la cavidad y el conducto radicular. Para la aplicación del material de cementación al conducto radicular existen cánulas especiales diseñadas para conseguir una inserción del perno evitando la formación de ampollas. Se recomienda utilizar una cánula fina (endocánpula) para aplicar el ácido fosfórico en el conducto, a fin de asegurar que el ácido quede bien repartido por toda el área del orificio del perno. Los pinceles microbrush han demostrado una gran eficacia en la aplicación del acondicionador/adhesivo (fig. 12). Mediante el microscopio electrónico de barrido se pudo detectar una gruesa capa adhesiva uniforme tras utilizar este aplicador de precisión³⁶.

Biocompatibilidad

Diversos estudios han investigado la problemática de la biocompatibilidad y de la reacción de los tejidos peria-
picales a los sistemas adhesivos aplicados en los conductos radiculares. Tras una reacción inflamatoria inicial, se observó una integración completa^{2,22}. También se informa de una tasa de éxito del 92% al aplicar un adhesivo dentinario (Gluma) y un composite (Retroplast) como material de obturación retrógrada en apicectomías²⁶. El citado EndoREZ demostró ser biocompatible con el tejido conjuntivo subcutáneo de ratas, lo que no necesariamente se traduce en una compatibilidad con el tejido periausal del ser humano³⁸.

En contraposición con los estudios mencionados, un estudio publicado recientemente demostró que, a excepción de un sellador con base de silicona, tanto los selladores con base de óxido de cinc-eugenol como los de re-

sina epoxi y los de metacrilato presentan una elevada citotoxicidad que aumenta con el paso del tiempo⁸.

En este punto cabe señalar que la cuestión de la biocompatibilidad todavía no ha sido resuelta de forma concluyente en el caso de todos los materiales.

Conclusiones

El sellado hermético duradero del conducto radicular es una condición indispensable para el éxito de una endodoncia. Los resultados de la mayoría de los ensayos de laboratorio sobre la aplicación de sistemas adhesivos y de cementos de composite en el conducto radicular han arrojado una mejora del sellado coronal y apical. Este aumento de la calidad también se ha podido demostrar con la técnica con cono central, entre otras, lo que para el odontólogo abre una interesante perspectiva en la consulta, dado que se trata de un método sencillo que permite ahorrar tiempo.

La aplicación de sistemas adhesivos en los conductos radiculares exige al odontólogo cumplir una serie de estrictos requisitos. Después de aplicar el ácido fosfórico, el conducto se debe irrigar y secar minuciosamente siguiendo las instrucciones del fabricante a fin de garantizar la eliminación de los ácidos y una cubrición total del conducto con el adhesivo en el siguiente paso. Este problema desaparece en el caso de los sistemas autocondicionadores. En este caso, no obstante, se plantea la cuestión de una infiltración completa del barrillo dentinario en todas las zonas del conducto radicular, puesto que tras la preparación la cantidad de barrillo es más abundante que en la dentina coronal. Además, es necesario tener en cuenta que la irrigación a realizar justo antes de aplicar sistemas adhesivos en los conductos radiculares no se puede efectuar con NaOCl, sino que se debe hacer con CHX o con una solución salina estéril, puesto que el hipoclorito sódico podría afectar a la adherencia.

El objetivo de la aplicación de sistemas adhesivos en el conducto radicular es conseguir una infiltración total del adhesivo a lo largo de todo el conducto y una adherencia homogénea. Es preferible que el material pueda retirarse con facilidad, por si fuera necesario realizar un retratamiento. La pregunta de si los materiales citados en el presente artículo (Resilon/RealSeal y EndoREZ) cumplen dichos requisitos deberá ser respondida con la ayuda de futuros estudios. Hasta el momento, la cementación adhesiva de pernos radiculares se puede valorar positivamente, ya que contribuye tanto a un aumento de la retención como a una mejora del sellado coronal.

Bibliografía

- Ahlberg KM, Tay WM. A methacrylate-based cement used as a root canal sealer. *Int Endod J.* 1998;31:15-21.
- Andreasen JO, Munksgaard EC, Fredebo L, Rud J. Periodontal tissue regeneration including cementogenesis adjacent to dentin-bonded retrograde composite fillings in humans. *J Endod.* 1993;19: 151-3.
- Asmussen E, Peutzfeld A, Heitmann T. Stiffness, elastic limit, and strength of newer types of endodontic posts. *J Dent.* 1999;27:275-8.
- Axelsson P, Lindhe J, Nystrom B. On the prevention of caries and periodontal disease. Results of a 15-year longitudinal study in adults. *J Clin Periodontol.* 1991;18:182-9.
- Bergman B, Lundquist P, Sjogren U, Sundquist G. Restorative and endodontic results after treatment with cast posts and cores. *J Prosthet Dent.* 1989;61:10-5.
- Bitter K, Paris S, Martus P, Schartner R, Kielbassa AM. A Confocal Laser Scanning Microscope investigation of different dental adhesives bonded to root canal dentine. *Int Endod J.* 2004;37:840-8.
- Boschian Pest L, Cavalli G, Bertani P, Gagliani M. Adhesive post-endodontic restoration with fiber posts: push-out tests and SEM observations. *Dent Mat.* 2002;18:596-602.
- Bouillaguet S, Wataha JC, Lockwood PE, Galgano C, Golay A, Krejci I. Cytotoxicity and sealing properties of four classes of endodontic sealers evaluated by succinic dehydrogenase activity and confocal laser scanning microscopy. *Eur J Oral Sci.* 2004;112: 182-7.
- Chappell RP, Cobb CM, Spencer P, Eick JD. Dentinal tubule anastomosis: a potential factor in adhesive bonding? *J Prosthet Dent.* 1994;72: 183-8.
- De Rijk WG. Removal of fiber posts from endodontically treated teeth. *Am J Dent.* 13 (Spec No), 19B-21B (2000).
- 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;31:293-6.
- Haller B. Recent developments in dentin bonding. *Am J Dent.* 2000;13:44-50.
- Hedlund SO, Johansson NG, Sjögren G. Retention of prefabricated and individually cast root canal posts in vitro. *Br Dent J.* 2003;195: 155-8.
- Imai Y, Komabayashi T. Properties of a new injectable type of root canal filling resin with adhesiveness to dentin. *J Endod.* 2003;29: 20-3.
- Kardon BP, Kuttler S, Hardigan P, Dorn SO. An in vitro evaluation of the sealing ability of a new root-canal-obturation system. *J Endod.* 2003;29:658-61.
- Kataoka H, Yoshioka T, Suda H, Imai Y. Dentin bonding and sealing ability of a new root canal resin sealer. *J Endod.* 2000;26: 230-5.
- Kerschbaum T. Langzeitüberlebensdauer von Zahnersatz. *Quintessenz.* 2004;55:1113-26.
- Kontakiotis EG, Wu MK, Wesseling PR. Effect of sealer thickness on long-term sealing ability: a 2-year follow-up study. *Int Endod J.* 1997;30:307-12.
- Mannocci F, Ferrari M, Watson TF. Mikroleakage of endodontically treated teeth restored with fibre posts and composite cores after cyclic loading: a confocal microscopic study. *J Prosthet Dent.* 2001;85:284-91.
- Mannocci F, Sherriff M, Ferrari M, Watson TF. Microtensile bond strength and confocal microscopy of dental adhesives bonded to root canal dentin. *Am J Dent.* 2001;14:200-4.
- Mjör IA, Smith MR, Ferrari M, Mannocci F. The structure of dentine in the apical region of human teeth. *Int Endod J.* 2001; 34:346-53.
- Molloy D, Goldman M, White RR, Kabani S. Comparative tissue tolerance of a new endodontic sealer. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1992;73:490-3.

23. Nakabayashi N, Ashizawa M, Nakamura M. Identification of a resin-dentin hybrid layer in vital human dentin created in vivo: durable bonding to vital dentin. *Quintessence Int.* 1992;23:135-41.
24. O'Keefe KL, Miller BH, Powers JM. In vitro tensile bond strength of adhesive cements to new post materials. *Int J Prosthodont.* 2000; 13:47-51.
25. Perdigão J, Geraldeli S, Lee IK. Push-out bond strengths of tooth-colored posts bonded with different adhesive systems. *Am J Dent.* 2004;17:422-6.
26. Rud J, Rud V, Munksgaard EC. Periapical healing of mandibular molars after root-end sealing with dentine-bonded composite. *Int Endod J.* 2001;34:285-92.
27. Saunders W, Saunders E. Coronal leakage as a cause of failure in root canal therapy: a review. *Endod Dent Traumatol.* 1994;10:105-8.
28. Sevimay S, Kalayci A. Evaluation of apical sealing ability and adaptation to dentine of two resin-based sealers. *J Oral Rehabil.* 2005;32:105-10.
29. Shipper G, Orstavik D, Teixeira FB, Trope M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). *J Endod.* 2004;30: 342-7.
30. Shipper G, Teixeira EC, Arnold RR, Trope M. Periapical inflammation after coronal microbial inoculation of dog roots filled with gutta-percha or resilon. *J Endod.* 2005;31:91-6.
31. Sorensen JA, Engelman MJ. Effect of post adaptation on fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent.* 1990;64: 419-24.
32. Tay FR, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, Pashley DH, et al. Ultrastructural evaluation of the apical seal in roots filled with a polycaprolate-based root canal filling material. *J Endod.* 2005;31: 514-9.
33. Teixeira FB, Teixeira EC, Thompson JY, Trope M. Fracture resistance of roots endodontically treated with a new resin filling material. *J Am Dent Assoc.* 2004;135:646-52.
34. Testori T, Badino M, Castagnola M. Vertical root fractures in endodontically treated teeth: a clinical survey of 36 cases. *J Endod.* 1993;19:87-91.
35. Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *J Endod.* 1990; 16:566-9.
36. Vichi A, Grandini S, Ferrari M. Comparison between two clinical procedures for bonding fiber posts into a root canal: a microscopic investigation. *J Endod.* 2002;28:355-60.
37. Zidan O, ElDeeb ME. The use of a dentinal bonding agent as a root canal sealer. *J Endod.* 1985;11:176-8.
38. Zmener O. Tissue response to a new methacrylate-based root canal sealer: preliminary observations in the subcutaneous connective tissue of rats. *J Endod.* 2004;30:348-51.
39. Zmener O, Pameyer CH. Clinical and radiographic evaluation of a resin-based root canal sealer. *Am J Dent.* 2004;17:19-22.