

En la búsqueda del material restaurador inteligente

In Search of an intelligent restorative material

Dr. Carlos Carrillo Sánchez, MSD

Práctica Privada
Toluca, Edo. De México.

Trabajo Recibido en Diciembre de 2009

Aceptado para publicación: Febrero de 2010

Resumen

Los cementos de ionómero de vidrio pueden convertirse en un recurso para encontrar el material restaurador inteligente.

Es uno, si no el único material, que gracias a su composición única exhibe propiedades especiales que le permiten comportarse con reacciones inteligentes a estímulos externos y encontrar funciones cercanas a la perspectiva de un material restaurador ideal.

Abstract

Glass ionomer cements may prove useful in the search for an intelligent restorative material.

This material is one, perhaps the only one, which thanks to its unique composition exhibits special properties that allow it to react intelligently to external stimuli and fulfill functions that approach what might be regarded as those of the ideal restorative material.

Introducción

El anhelo de poder encontrar un material dental restaurador que interactúe con la estructura dental, no sólo ha sido algo muy deseado, sino que su búsqueda ha inquietado a muchas generaciones de Odontólogos e investigadores en el área dental. Se puede pensar que el hecho de satisfacer la interrelación de propiedades de biocompatibilidad y estética sea suficiente para poder considerar a un material restaurador como aceptable, pero un biomaterial dental restaurador

debe cumplir con muchas más características importantes para poder ser, no solo aceptado, sino biológicamente exitoso.¹

Entre las características del material ideal se pueden considerar las siguientes: a) Que sea de fácil de manejo, b) que pueda formar una unión estable con el esmalte y la dentina, c) llevar a cabo su endurecimiento sin necesidad de un equipo especial y sin cambios dimensionales, d) que no sea sensible a la humedad y a la desecación, e) que pueda sellar los márgenes a la penetración de fluidos o bacterias, f) ser resistente a los ataques de agentes químicos, g) que sea resistente a las fuerzas de masticación o autorreparable, h) que desprende agentes remineralizantes o antibacterianos y i) que sea capaz de interactuar con los tejidos del diente.^{1, 2}

Davidson¹ sugiere que la evolución futura en la Odontología debe estar dirigida hacia los materiales dentales restauradores, en especial en hacer que estos hagan un trabajo por sí mismos y que no dependan tanto de un excelso manejo por parte del dentista. La idea es que el material deje de ser pasivo y se convierta en un material activo, que reaccione a señales externas y que por lo tanto, sea un material inteligente.

El material inteligente es aquel que tiene funciones intrínsecas que le permiten comportarse como sensor, procesador y activador o accionador. Debe ser un material que reaccione a los estímulos externos, que pueda auto-repararse, que absorba o desprenda sustancias o compuestos capaces de reparar su estructura dañada o la superficie del diente que haya sufrido deterioro y que por lo tanto, responda activamente en forma positiva.^{1, 3}

A la amalgama dental se le puede considerar como un material ligeramente bioactivo, ya que al estar en contacto con el medio ambiente oral, el material se corroe y los productos de su corrosión sellan la interfase entre la amalgama y la estructura del diente, previniendo la micro-

filtración y la recurrencia de caries.^{1, 4}

Estructura Dental

Aún cuando los materiales restauradores interactúan directamente, más sobre la dentina, deben comportarse indistintamente con toda la estructura dental, pero es necesario considerar siempre con mayor importancia al complejo dentina-pulpa, que mantiene una relación íntima entre la dentina y el tejido periférico pulpar.⁵

Una dentina joven presenta una cantidad de entre 45,000 a 90,000 túbulos por mm² en su cercanía con la pulpa; 30,000 a 35,000 en su área intermedia y de 10,000 a 25,000 en la periferia de su límite con la unión adamantina. Los túbulos dentinarios ocupan entre el 20 al 39% de la dentina y el fluido dentinario localizado en su interior, representa aproximadamente el 22% del volumen total de la dentina.^{5, 6} A pesar de que la dentina en sí presenta características de poder proporcionar protección a la pulpa dental, el fluido dentinal presente en el interior de los túbulos puede actuar como un medio de transporte de agentes injuriosos hacia el tejido pulpar, produciendo una respuesta inflamatoria. Normalmente en su cercanía con el esmalte, los túbulos presentan un diámetro menor a 1.0 micrón, aumentando su diámetro a mayor profundidad. En la superficie con la pulpa, el diámetro de los túbulos puede ser de entre 2.5 a 3.0 micrones. Cada túbulo, de aproximadamente 1 micrón de diámetro, pero con una longitud de entre 2 y 3 milímetros puede favorecer un intercambio iónico microscópico en columna por más de 2000 veces el tamaño de su diámetro.⁷

Generalmente la permeabilidad de la dentina localizada directamente por debajo de la unión esmalte-dentina es del 1%, aumentando a 7.6% a la mitad de la distancia hacia la pulpa y llega a ser mayor a 22% en la superficie cercana a la estructura pulpar.

El grado de permeabilidad de una sustancia a través de la dentina depende del tamaño molecular del producto o sus componentes, del área superficial disponible para difusión, de la dimensión de los túbulos dentinarios y del grosor de la dentina remanente, lo cual es un indicador de la longitud de los túbulos dentinarios.^{8, 9}

A los ácidos se les ha considerado como las sustancias que más daño pueden causar al diente, ya sea que provengan de alimentos, productos metabólicos de microorganismos, materiales restauradores o agentes acondicionadores. Pero como se mencionó, la dentina posee virtudes

de defensa y por lo tanto es importante concluir que se puede esperar una reacción inflamatoria pulpar solo cuando exista la presencia de una gran cantidad de ácido libre, gran permeabilidad dentinaria y una zona muy amplia de contacto.^{5, 8}

Es importante también mencionar que un diente joven e íntegro y que presenta sus túbulos dentinarios muy abiertos, va a reaccionar más intensamente a un agente irritante que un diente de mayor edad, que ha sufrido injurias con el paso del tiempo, que por lo tanto está protegido por dentina esclerótica o de reparación y que va a poder evitar la completa difusión de los irritantes hacia la pulpa dental.

Brannstrom^{9, 10} ha reportado, que alrededor del 25% del volumen de la dentina está ocupado por fluido tisular, que el 20% de los túbulos en la dentina coronal contienen proceso odontoblástico y que solo 32% del fluido tisular dentinario está presente en los túbulos y el restante 68%, en la dentina peritubular. Esto quiere decir, que la mayor cantidad del fluido libre en la dentina se encuentra en la dentina intertubular y peritubular. Se sabe, que el fluido tisular en la dentina es un líquido ultra filtrado de sangre de los capilares de la pulpa y tiene una composición típica de fluidos extracelulares, que es alto en sodio, bajo en potasio, contiene proteínas plasmáticas y está saturado de calcio y fosfato.^{11, 12}

La presión tisular en la pulpa es aproximadamente 6 milímetros mayor que la de la cavidad oral, y esto hace que el fluido fluya lentamente hacia afuera por la capa odontoblástica, conforme el gradiente de presión. Como el lumen es redondo y las paredes altamente mineralizadas, los túbulos dentinarios presentan una característica estructural que favorece el movimiento de fluidos por fuerzas capilares. Brannstrom^{6, 10} también sugiere, que el contenido de los túbulos dentinarios consiste mayormente de fluido tisular, que presenta una área intacta del citoplasma del odontoblasto, localizado principalmente en la parte pulpar del túbulo y que bajo condiciones normales existe un flujo continuo hacia afuera en los túbulos abiertos. Este concepto es lo que ha propiciado el desarrollo, pero sobre todo, el entendimiento de la teoría hidrodinámica de Brannstrom para explicar el dolor dentinario, basada en que una reacción de dolor agudo se presenta cuando existe un movimiento rápido de flujo del fluido presente en los túbulos dentinarios por fuerzas altas de

capilaridad. Se cree que la presencia del dolor provocado por este movimiento de fluidos es causado por el estímulo que induce la deformación de la membrana plasmática de los mecanoreceptores localizados en el extremo pulpar de los túbulos.^{6, 10} Pashley¹¹ ha corroborado esto, pero además manifiesta que la presión pulpar es más alta que la presión atmosférica y por lo tanto, el fluido dentinario se mantiene estable a través de la dentina, aún cuando estuviera expuesta y a un nivel suficientemente bajo como para evitar activar a los mecanoreceptores pulpares y que cualquier estímulo que aumente el gradiente de presión, va a incrementar el movimiento del fluido en los túbulos en forma suficiente para generar dolor.^{12, 13}

Ionómero de vidrio como Material Restaurador

Actualmente el cemento de ionómero de vidrio se presenta como la mejor posibilidad de ser la base para de ahí poder desarrollarse un material dental restaurador inteligente.^(1, 2) Estos materiales, presentan una actividad continua y reaccionan a diversas señales del medio ambiente oral. Los cementos de ionómero de vidrio, fueron el resultado de los estudios pioneros de Alan Wilson y de Brian Kent¹⁴ durante los años 60's en Inglaterra. El cemento de ionómero de vidrio original consistía de una solución acuosa de ácido poliacrílico en una concentración de alrededor de 45% que reaccionaba con el polvo de un cristal de fluor-alumino silicato de calcio. Desde su formulación temprana, algunas modificaciones importantes se han hecho dando como resultado los materiales más actuales. Entre estas modificaciones están:

- El uso de polímeros alternativos como el ácido acrílico-maleico e itacónico como parte del componente poliácido.
- La utilización de polímeros deshidratados y mezclados en el polvo del cristal, para su activación con agua destilada.
- El desarrollo de los cementos conocidos como Cermet en los que el relleno consistía de un híbrido cerámico-metal, con la finalidad de proporcionar mayor resistencia y radiopacidad.
- Cementos reforzados con metal, donde aleaciones como plata-estaño o acero inoxidable se incorpora al polvo como refuerzo al cemento fraguado.
- Cementos modificados con resina, en los que los componentes convencionales del ácido-base son complementados con monómeros

e iniciadores capaces de tener además de la reacción ácido-base, una polimerización fotoquímica.^{14, 15, 16}

Es importante destacar que aún actualmente los cementos de ionómero de vidrio deben presentar su reacción ácido-base y por lo tanto, se considera que endurecen en tres pasos. Después de aproximadamente 4 minutos de haber mezclado el polvo y el líquido se lleva a cabo su fase inicial, seguida ésta por un periodo de entre 40 y 60 minutos en el que el material es suficientemente vulnerable a la deshidratación o a la hidratación. El intercambio iónico en el proceso de fraguado, va a continuar por 24 horas o en algunos casos por más tiempo.

La reacción de fraguado del cemento puede llegar a requerir suficiente agua como para deshidratar a la dentina circundante, provocando una marcada pérdida de fluido, lo que puede generar dolor y aspiración de células del proceso odontoblástico, además de que los efectos del acondicionamiento dentinario por medio de ácidos, al disolver la capa de detritus y la dentina peritubular, aumenta la permeabilidad de este tejido.

Aún en los cementos de ionómero de vidrio más actuales, la reacción inicial del fraguado es lenta y puede no estar totalmente completa después de 1,000 minutos. Su pH a los 5 minutos es de aproximadamente 2 y difícilmente llega a 3 después de 10 minutos de efectuada la mezcla. El grado de reacción pulpar va a depender no solo de la duración del pH bajo o de la cantidad presente de ácido disponible o residual, sino también de la profundidad de la cavidad o su cercanía a pulpa y la permeabilidad de la dentina remanente.¹⁵⁻¹⁶

Una característica importante en la colocación de un cemento de ionómero de vidrio es que al efectuarse la remoción de la capa de detritus durante el acondicionamiento de la dentina, esta permanece húmeda, permitiendo el intercambio de iones de hidrógeno y fosfato, lo que favorece una rápida neutralización del pH bajo presente en la interfase, facilitando una buena humectación gracias a la naturaleza hidrofílica del cemento.

Los componentes del vidrio son principalmente aluminio-silicato al que adicionalmente se le incorporan iones de calcio y fluoruro, siendo la proporción requerida de Al_2O_3 y SiO_2 de 1:2 y la del contenido de fluoruro aproximadamente del 23%.¹⁴ Al mezclarse el vidrio con el ácido polialquenoico los iones de flúor se desprenden

de la superficie de las partículas, sin tomar parte en las reacciones posteriores, siendo por lo tanto libre de movimiento dentro del agua que contiene la matriz del polialquenoato de calcio y aluminio.^{14, 17}

Los tejidos del diente en vecindad con una restauración de ionómero de vidrio presentan una elevación significativa de fluoruro, pudiendo esto contribuir no solo a la remineralización de lesiones presentes, sino a aumentar también su resistencia contra un posible ataque ácido o desmineralización. A esto también se le puede considerar de cierto modo como un factor de reacción ante una injuria proveniente de un material inteligente.¹⁵⁻¹⁶

Los cementos basados en polielectrolitos se pueden además adherir permanentemente a superficies biológicas bajo condiciones de humedad. Aún cuando el mecanismo completo de la adhesión no es totalmente entendido, es bien aceptado que la adhesión primaria se basa en un intercambio de cargas, pero que además, existe infiltración de sales polialquenoicas hacia el sustrato. Es muy importante destacar que la resistencia de unión de los cementos de ionómero de vidrio a la estructura del diente es mayor en sí que la resistencia cohesiva del material y que esta resistencia aumenta considerablemente con el paso del tiempo.

Cuando una restauración de cemento de ionómero de vidrio es sometida a ciertas fuerzas que excedan ligeramente su resistencia cohesiva, el material desarrolla pequeñas fracturas internas; gracias a que el material presenta una reacción de fraguado retardada o prolongada, estas microfracturas pueden ser reparadas (autorreparación). Son la presencia de agua y la prolongada reacción química del material, lo que puede ayudar a restaurar su resistencia cohesiva.^{1, 17}

Algunos materiales de ionómero de vidrio más actuales que se han desarrollado específicamente para su uso como selladores de foseas y fisuras, han demostrado una capacidad innata para reaccionar activamente con residuos orgánicos presentes en el interior de las fisuras o foseas e interactuar con la estructura del diente, no solamente uniéndose químicamente a esta, sino formando en su interfase con el esmalte del diente lo que se ha denominado como esmalte artificial o pseudoesmalte.^{1, 15-17}

¿Qué sugiere al Ionómero de vidrio como probable fundamento del Material Inteligente?

El fraguado de los cementos de ionómero de

vidrio involucra la neutralización de los agentes poliácidos por la formación de un cristal-metal básico de unidades de poliácido. A pesar de que la neutralización no llega a ser completa, la reacción del fraguado esencial clasifica a estos materiales como cementos ácido-base. Cuando los componentes son mezclados, los protones ácidos atacan rápidamente a las partículas de vidrio, con una disposición preferencial hacia los sitios ricos en calcio. Esto se puede explicar al considerar el hecho de que el calcio está presente en el cristal para neutralizar aquellas partes de la estructura en la cual el aluminio ha remplazado al silicón. El aluminio, siendo Al^{3+} , comparado con Si^{4+} , requiere de cationes adicionales para promover la electroneutralidad local. ^(14, 17) La alúmina es también más básica que la sílica y por lo tanto, estas partes del vidrio no son solamente ricas en calcio, sino que también son más básicas.¹⁵⁻¹⁶

Aluminio es lo primero que es detectado en los estadios más tempranos del fraguado del cemento. La proporción aluminio-calcio en la reacción es consistentemente más pequeña que la relación presente en el vidrio, lo que es indicativo de que el ácido ha atacado las áreas ricas en calcio. La porción del vidrio que ha sido atacada no desprende el calcio por un mecanismo de intercambio iónico, sino como el resultado de la disolución total de las sales de esa parte del cristal.¹⁴⁻¹⁶

La existencia de silicón y fósforo dentro de la matriz sugiere que estos elementos están formando una red inorgánica entre sí, posiblemente interpenetrada por el poliácido, y se ha establecido la posibilidad de que esta red pueda jugar un papel muy importante en el aumento de la resistencia compresiva del cemento con el paso del tiempo.¹⁵⁻¹⁶

Se han propuesto algunas modificaciones en la composición del cristal. Una de éstas fue la de desarrollar un vidrio libre de fosfato, observándose que con ello incrementaba la estructura de aluminosilicato, mientras que el vidrio que contiene fosfato proporciona un compuesto que además contiene fósforo, producto de la mezcla del silicato con el fosfato. Esto demuestra que un silicato puro o una mezcla de silicato-fosfato puede y debe formar el componente inorgánico principal de la matriz del ionómero de vidrio. La existencia de esta estructura inorgánica ayuda a explicar el por qué un cristal es necesario en estos cementos y no solamente una mezcla de compuestos de aluminio y calcio. El vidrio

no es solamente un relleno y reservorio de los iones de unión cruzada, sino que por sí mismo es un importante reactivo en la formación del cemento.

La principal adición que se encuentra en los cementos de ionómero de vidrio es la del ácido tartárico (+). Este ácido se incorpora a la formulación en un nivel de 5 – 10% para aumentar el tiempo de trabajo y mejorar la parte última del proceso de fraguado. El ácido tartárico forma carboxilatos metálicos antes que el ácido poliacrílico, demostrando así, que el ácido tartárico reacciona preferentemente con el vidrio como resultado de su mayor acidez que la del polímero.^{14, 15-17} Los agentes quelantes producto de la reacción del ácido tartárico con el calcio y el aluminio son muy estables en un pH bajo y ello les va a permitir existir bajo todas las condiciones del fraguado del cemento.

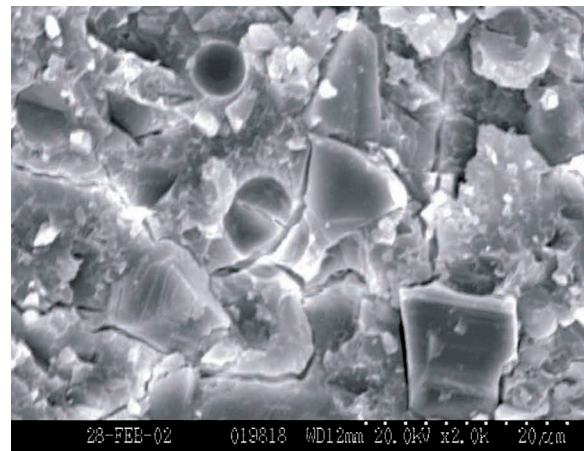
Se ha demostrado que el tiempo de formación de los poliacrilatos metálicos varía cuando existe la presencia de ácido tartárico. Las sales de calcio se forman más lentamente, mientras que las sales de aluminio lo hacen más rápidamente.¹⁴⁻¹⁶

Los compuestos quelantes que se forman en el cemento son altamente estables y pueden actuar como puentes dentro de la estructura, proporcionando un incremento en su resistencia compresiva. Otro factor importante a considerar sobre la incorporación del ácido tartárico en la formulación, es que hace al cemento más fácil de mezclarlo, lo que reduce las presencias inhomogéneas en su volumen y mejora la calidad de la superficie de las restauraciones. Se ha demostrado que el fluoruro, aunque no necesariamente debe de ser considerado como una adición al cemento, al ser incorporado en la formulación, ayuda en aumentar la resistencia compresiva final. Esto se puede atribuir principalmente a una fuerte unión del fluoruro al aluminio, formando complejos de fluoruro de aluminio, además de las uniones de hidrógeno que se forman entre los iones de fluoruro y los ácidos carboxílicos, que se reconoce son muy fuertes y que tienen un efecto importante en la reactividad y en la creación de la estructura final del cemento.¹⁵⁻¹⁶

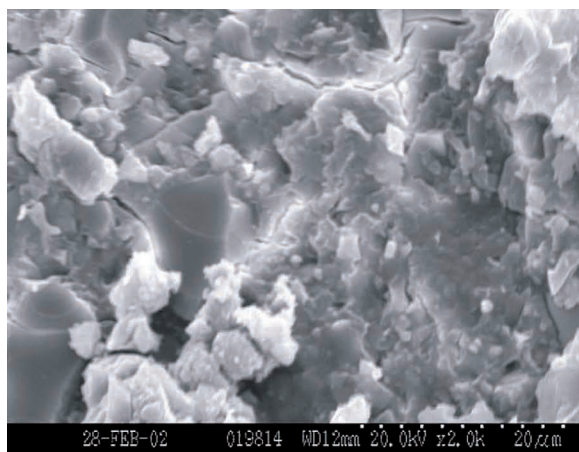
Como bien se sabe, los cementos de ionómero de vidrio se adhieren al esmalte y a la dentina por uniones químicas. Cuando el cemento se encuentra en forma de una pasta fluida, muchos grupos del ácido carboxilo libres (-COOH) están presentes. Estos grupos ácidos promueven la humectación de las superficies polares, porque

presentan una tendencia a formar un puente de hidrógeno entre el políácido y el sustrato. Si el cemento ha humectado la superficie del diente, los puentes de hidrógeno que se formaron entre el cemento y el sustrato durante la reacción del cemento, se van a convertir progresivamente en uniones iónicas más fuertes al ir desplazando con el calcio el aluminio u otros iones metálicos a los átomos de hidrógeno.¹⁵⁻¹⁶

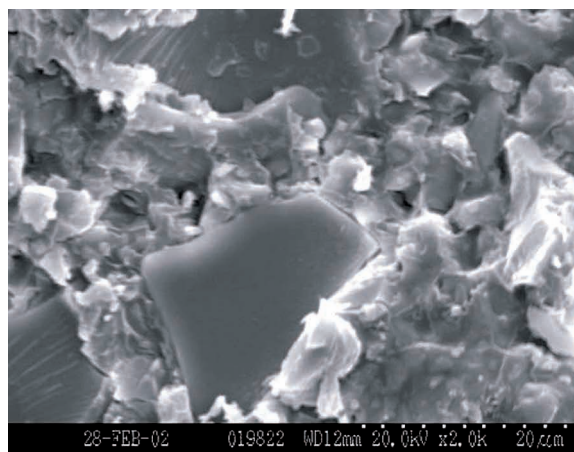
La baja irritación hacia la pulpa dental que presentaron los cementos de ionómero de vidrio iniciales, se debía a que en su composición se evitaban ácidos fuertes y monómeros tóxicos. Los ácidos poliacrílicos y poliácidos similares son mucho más débiles que el ácido fosfórico, y como polímeros poseen mayor peso molecular que limita su difusión hacia la pulpa a través de los túbulos dentinarios. La adición a las más recientes formulaciones de otros ácidos como el itacónico, tanto para aumentar la reactividad del ácido poliacrílico sobre el vidrio, como para disminuir su viscosidad, y del tartárico para extender el tiempo de trabajo y mejorar el fraguado, propiciaron el aumento de la acidez y la posibilidad de penetración de las moléculas de estos ácidos y iones a través de los túbulos dentinarios hacia la pulpa dental, aunque no necesariamente causando injuria severa a esta y sí propiciando una mayor interacción del cemento con la dentina.¹⁵⁻¹⁶



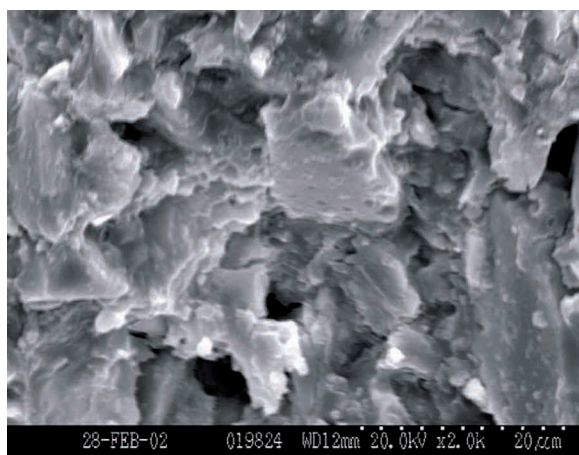
Fotografía 1. Fotografía a microscopio electrónico donde se observa la estructura del ionómero de vidrio para cementación.



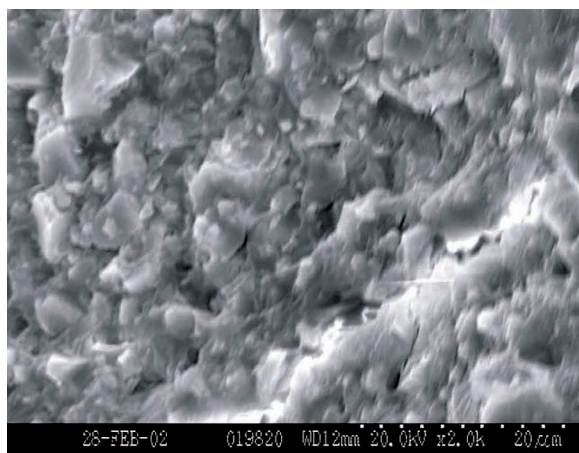
Fotografía 2. Fotografía a microscopio electrónico donde se observa la estructura ionómero de vidrio para restauración (carga alta).



Fotografía 5. Fotografía a microscopio electrónico del ionómero de vidrio modificado con resina para cementación



Fotografía 3. Fotografía a microscopio electrónico del ionómero de vidrio modificado con resina para restauración.



Fotografía 4. Fotografía a microscopio electrónico del ionómero de vidrio modificado con resina para restauración

Conclusiones

Las propiedades especiales que presentan los cementos de ionómero de vidrio, como son: la adhesión química a la estructura dental, el desprendimiento de fluoruro aunado a la posibilidad de recarga con iones de flúor después de ser expuesto a compuestos de fluoruro, además de la posibilidad de mejorar su estructura interna con intercambio de iones de calcio y fosfato, son características propias de un material restaurador inteligente.

La capacidad de presentar una reacción prolongada en contacto con la humedad, propia de este cemento, que le permite obtener beneficios en su estructura y en sus propiedades mejorando con esto su integridad y su interfase con la estructura del diente, podrían ser de gran utilidad si se prolongaran en forma permanente por el contacto con sustancias internas o provenientes de la saliva, que pudieran proporcionar al material restaurador la posibilidad de reaccionar a estímulos externos para autorrepararse o reparar la interfase dañada.

Estos son algunos de los múltiples objetivos que se persiguen en la búsqueda para encontrar un material inteligente basado en la formulación y en la reacción de los cementos de ionómero de vidrio.

Bibliografía

- 1.- Davidson, Carel: Glass Ionomer: A smart material. In: Bertelli, E., Ferrari, M.: Clinical alternatives in Restorative Dentistry. Dipartimento di scienze Odontostomatologiche. Università degli studi di Siena. Cestrò di Pontignano, Siena, Italia. March 8-9, 2001 pp 11-19.
- 2.- Fontana, M., Gonzalez-Cabezas, C., Wilson, M.E. and Appert, C.: In-vitro evaluation of a smart dental material for its efficacy in preventing secondary caries using a microbial artificial mouth model. Am. J. Dent. 1999;12 (special issue) S 8-9
- 3.- Anusavice, K.: Does ART have a place in preservative dentistry. Comm. Dent. Oral Epidemiol. 1999; 27: 442-448.
- 4.- Mount, G.J.: Glass-Ionomers: Advantages, disadvantages and future implications. In: Davidson, C.L. and Mjor, I.A.: Advances in glass-ionomer cements. Chicago Quintessence Publishing Co. 1999 pp 269-293.
- 5.- Stanley, H.: Human pulp response to restorative dental procedures. Gainsville. Stortor Printing Co. 1981
- 6.- Brannstrom, M.: The relationship between dentin and pulp, and some problems in diagnosis. In: Dentin and pulp in restorative dentistry. London. Wolfe Medical publications. 1981. pp 9-41.
- 7.- Brannstrom, M.: Pulpal reactions to preparation and restorative materials. In: Reisbick, M.H.: Dental materials in clinical practice. Postgraduate dental handbook. England. John Wright and Sons, 1982 pp 291-308.
- 8.- Pashley, D.: Effect of the degree of tubule occlusion on the permeability of human dentin. Arch. Oral Biol. 1978;23: 1127-1133.
- 9.- Brannstrom, M.: Communication between the oral cavity and the dental pulp associated with restorative treatment. Buonocore memorial lecture. Oper. Dent. 9: 57-68, 1984.
- 10.- Brannstrom, M.: The experimental study of pulpal response to restorative materials and procedures. In: Dentin and pulp in restorative dentistry. London, Wolfe Medical publications, 1981 pp. 81-87.
- 11.- Pashley, D., Nakabayashi, N.: Hybridization of dental hard tissues. Chicago. Quintessence Publishing Co. 1998.
- 12.- Mjor, A.I.: Pulp-dentin biology in restorative dentistry. Chicago. Quintessence Publishing Co., 2002.
- 13.- Ritter, A.V., Baratieri, L.N., Monteiro, S.: Proteção do complexo dentina-polpa. Caderno de dentística. Livraria Santos editora, Ltda. 2003
- 14.- Wilson A, Kent B. Glass ionomer Cements. Chicago. Quintessence Publishing Co., 1989
- 15.- Carrillo C: SEM analysis of microstructure of restorative dental materials in the spectrum between glass ionomers and posterior composites. Dept of Biomaterials. The University of Michigan School of Dentistry. October 2002.
- 16.- Carrillo C: Analysis of microstructure of fluoride releasing dental materials in the spectrum between glass ionomers and posterior composites. Dept of Biomaterials. The University of Michigan School of Dentistry. November 2002.
- 17.- Davidson, C.L. and Mjor, I.M.: Advances in glass-ionomer cements. Chicago. Quintessence Publishing Co., 1999.

Correspondencia

Dr. Carlos Carrillo Sánchez, MSD
Av. Hidalgo Pte. # 704 - A
Col. Centro
Toluca, Edo. De México
México 50080
E-mail: caliscarrillo@hotmail.com