

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGÍA RESTAURADORA
ASIGNATURA DE BIOMATERIALES ODONTOLÓGICOS**

**“ESTUDIO COMPARATIVO *IN VITRO* DEL GRADO DE SELLADO MARGINAL
OBTENIDO EN RESTAURACIONES INDIRECTAS DE RESINA COMPUESTA
CEMENTADAS CON CEMENTO AUTOADHESIVO Y CEMENTO CON SISTEMA
ADHESIVO DE GRABADO Y ENJUAGUE”**

Camila María Corral Núñez

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
CIRUJANO-DENTISTA**

**TUTOR PRINCIPAL
Prof. Dr. Marcelo Bader Mattar**

**TUTORES ASOCIADOS
Prof. Dr. Cristián Astorga Meneses**

**Santiago - Chile
2007**

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGÍA RESTAURADORA
ASIGNATURA DE BIOMATERIALES ODONTOLÓGICOS**

**“ESTUDIO COMPARATIVO *IN VITRO* DEL GRADO DE SELLADO MARGINAL
OBTENIDO EN RESTAURACIONES INDIRECTAS DE RESINA COMPUESTA
CEMENTADAS CON CEMENTO AUTOADHESIVO Y CEMENTO CON SISTEMA
ADHESIVO DE GRABADO Y ENJUAGUE”**

Camila María Corral Núñez

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
CIRUJANO-DENTISTA**

**TUTOR PRINCIPAL
Prof. Dr. Marcelo Bader Mattar**

**TUTORES ASOCIADOS
Prof. Dr. Cristián Astorga Meneses**

**Santiago - Chile
2007**

*A mi familia
Por su apoyo incondicional*

AGRADECIMIENTOS

-Al Profesor Dr. Marcelo Bader por su colaboración, buena disposición y paciencia.

-A cada uno de los integrantes de mi familia por el cariño y el apoyo constante a lo largo de mi carrera y de mi vida en general.

-Agradezco en especial a Emilio por haber estado a mi lado y haber sido una ayuda increíble en este proceso, muchas gracias por acompañarme y hacerme muy feliz.

-A mis amigos: Carlos, Seba, Matilde, Marito, Pame, Pingui y muchos otros, por los momentos compartidos y permitirme tener los mejores recuerdos de mi paso por la universidad.

ÍNDICE

| | |
|--------------------------------|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. ASPECTOS TEÓRICOS | 4 |
| 3. HIPÓTESIS | 38 |
| 4. OBJETIVOS | 39 |
| 5. MATERIAL Y MÉTODO | 40 |
| 6. RESULTADOS | 47 |
| 7. DISCUSIÓN | 50 |
| 8. CONCLUSIONES | 55 |
| 9. SUGERENCIAS | 56 |
| 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 57 |

INTRODUCCIÓN

Dentro de las patologías bucodentales, una de las enfermedades con mayor prevalencia en nuestro país es la caries dental, enfermedad multifactorial que ataca a los tejidos duros del diente. Si la caries no se detecta a tiempo provoca un deterioro irreversible de los tejidos dentarios, siendo necesario eliminarlos lo que inevitablemente dejará una cavitación, la cual se debe reparar para permitir recuperar la morfología, función y estética, preservando así la salud y equilibrio del ecosistema bucal. Para cumplir este propósito es necesario recurrir a elementos que permiten su restauración artificialmente.¹

Existe una amplia variedad de materiales usados en la odontología restauradora, incluyendo materiales de restauración directa e indirecta.² Las restauraciones indirectas se prefieren a las restauraciones directas cuando se restauran grandes pérdidas de tejidos dentario debido a que poseen mejor resistencia a la abrasión, aumentada resistencia a la fractura y en el caso de los materiales poliméricos reforzados, mayor control de la contracción por polimerización³ y además, gracias a que se trabajan fuera de la cavidad bucal, se puede obtener una mejor anatomía, contornos y puntos de contactos.^{2,4}

A pesar de las ventajas de las restauraciones indirectas, la unión a la estructura dentaria es todavía un desafío, debido a que el procedimiento con restauraciones indirectas duplica la interfase de adhesión, una hacia la superficie del diente y otra hacia la superficie de la restauración.³ Los cementos dentales permiten sellar la interfase fijando la restauración a través de adhesión química, mecánica o por una combinación de ambas.⁵ Actualmente existen 5 tipos de materiales para la cementación permanente: el cemento de fosfato de zinc, el cemento de policarboxilato, el cemento de vidrio ionómero, el cemento de vidrio ionómero híbrido y el cemento de resina compuesta. Cada uno presenta características químicas y físicas únicas, pero ninguno es ideal para todas las situaciones.

Gracias a su capacidad de adherirse a múltiples sustratos, ser insolubles en el medio bucal, y ser altamente estéticos, los cementos de resina compuesta se han convertido en el material de elección para cementar restauraciones estéticas indirectas tipo inlay/ onlay, coronas (PFU) y puentes (PFP).⁶

Al igual que las resinas compuestas directas, los cementos de resina compuesta dependen de un sistema adhesivo para unirse a la superficie dentaria.⁷ El mecanismo básico de unión a esmalte y dentina es esencialmente un proceso de intercambio que involucra la remoción de mineral de tejido duro dental y su sustitución por monómeros de resina que quedan micromecánicamente entrelazados en las porosidades creadas.⁸ La adhesión a dentina es más compleja produciéndose una

trabazón micro mecánica con el colágeno expuesto.⁶

Un nuevo tipo de cemento de resina propone simplificar el procedimiento de cementación ya que no requiere sistema adhesivo. Estos cementos, llamados autoadhesivos, están pensados para unirse a la superficie dentaria sin acondicionamiento previo.^{3,9} La ventaja de este cemento estaría en combinar una técnica de aplicación fácil como la del fosfato de zinc con las propiedades mecánicas favorables, la estética y la buena adhesión de los cementos de resina compuesta.¹⁰

En virtud de que estos nuevos materiales de cementación se presentan como una alternativa más simple de trabajar y dicen tener similar eficacia en la retención y sellado de restauraciones estéticas indirectas, es que el propósito de esta investigación es evaluar el grado de sellado marginal obtenido en restauraciones cementadas con un nuevo cemento de resina compuesta autoadhesivo (RelyX Unicem, 3M), comparándolo con un cemento de resina compuesta que utiliza un sistema adhesivo de grabado y enjuague de dos pasos (RelyX ARC, 3M), determinando la microfiltración obtenida al ser sometidos a termociclado.

ASPECTOS TEÓRICOS

Al momento de restaurar los tejidos dentarios perdidos, luego de remover una lesión cariosa, el odontólogo cuenta con múltiples materiales de restauración. Para rehabilitar grandes pérdidas de tejido dentario es preferible utilizar restauraciones indirectas, las cuales deben ser adheridas a la preparación dentaria por medio de un agente cementante.

En la actualidad existe una gran proliferación de materiales que se denominan cementos dentales, lo cual puede ser confuso, pudiendo llevar a equivocaciones al momento de realizar la selección del cemento a ocupar en un determinado caso. Los cementos dentales son materiales que presentan una amplia variedad de aplicaciones. De acuerdo a la ISO, los cementos se clasifican en distintos tipos según su indicación de uso:

Tipo I: Material para cementación, actúan en una consistencia que permite su flujo como medio de unión, generalmente mecánico, entre las estructuras bucales y elementos artificiales (incrustaciones, puentes, braquets de ortodoncia, etc.).

Tipo II: Material para restauración, el mismo cemento constituye el material de obturación que queda expuesto al medio bucal, pudiendo ser ésta temporal o definitiva.

Tipo III: Material para liner o de base cavitaria, materiales que se colocan entre la pulpodentina y la obturación para disminuir las posibilidades de injuria o para estimular alguna función del órgano noble.¹¹

Algunos de los cementos de uso actual poseen presentaciones comerciales para más de una de estas tres categorías.¹² También se les ha llamado cementos a materiales que servirán de apósitos quirúrgicos, en los que el cemento combinado con algún producto medicamentoso específico, se aplica sobre heridas quirúrgicas para protegerlas de injurias durante el proceso de regeneración o cicatrización de tejidos.¹¹

Este trabajo se enfoca en la primera aplicación descrita para los cementos dentales: como medio o agente cementante y teniendo esto en mente, un cemento se puede definir como un material que sirve para retener restauraciones o aplicaciones en una posición fija en la boca ⁵, ya sea en forma temporal o provisoria en el caso de ser por un tiempo definido, o definitiva, también llamada permanente, en la que se pretende que la estructura cementada permanezca el mayor tiempo posible en boca.¹¹

Actualmente existe una amplia gama de materiales de cementación, cada uno con sus ventajas y desventajas, no existiendo un cemento ideal para todas las situaciones. Los cementos a base de agua (cementos de fosfato de zinc, cementos de policarboxilato y cementos de vidrio ionómero) se rigen por la norma ISO 9917:1991 y la especificación ANSI/ADA N°96, las cuales establecen los valores mínimos y

máximos que deben cumplir estos materiales en pruebas estándar de laboratorio para que el producto sea certificado ya sea por la ISO o por la ADA.¹³

Es importante, al momento de elegir un cemento adecuado para cada caso, tener presente algunas de las propiedades ideales de un cemento definitivo.

Propiedades biológicas

-Biocompatible: Un cemento ideal debe ser biocompatible, esto implica tener una pequeña interacción con tejidos y fluidos del cuerpo, no ser tóxico y tener bajo potencial alergénico.

-Inhibición de placa y caries: Un material ideal actuaría previniendo la formación de caries en la interfase diente-restauración. Un cemento ideal debiera poseer propiedades antimicrobianas que combatan las bacterias cariogénicas en el diente restaurado y disminuyan el efecto de la futura colonización de placa bacteriana en los márgenes de la restauración.

-Resistente a la microfiltración: La filtración de microorganismos alrededor de las restauraciones dentales, se ha relacionado a respuestas pulpares adversas y lleva a una disminución en la longevidad de las restauraciones. Un cemento ideal debe ser resistente a la microfiltración.¹³

Propiedades mecánicas

-Alta resistencia mecánica: El cemento debe poseer una resistencia a la compresión

y tracción favorable, tener la suficiente resistencia a la fractura para prevenir el desalojo de la restauración como resultado de fallas cohesivas o interfaciales. Debe ser resistente a la abrasión.

-Buena adhesión a la restauración indirecta y a la preparación dentaria: Un cemento ideal debe proveer una unión durable entre materiales disímiles.⁶

-Módulo de elasticidad adecuado: Se ha sugerido que el cemento debe tener un módulo de elasticidad entre el valor del módulo de elasticidad de la dentina (18 GPa) y el del material de la restauración indirecta. Un alto módulo de elasticidad es importante en regiones de alto estrés masticatorio.¹⁴

Propiedades químicas

-Baja solubilidad: Un cemento ideal debe ser impermeable a los fluidos bucales y resistente a la disolución durante la vida de la restauración.

Propiedades físicas

-Bajo estrés de polimerización o fraguado: Los cambios dimensionales del cemento al endurecer deben ser mínimos.

-Coeficiente de expansión térmico adecuado: El comportamiento de un cemento ideal frente a los cambios de temperatura debe ser lo más parecido al de la estructura dentaria y la restauración.¹³

Propiedades estéticas

Han aumentado sus requerimientos debido al aumento en el uso de restauraciones cerámicas y de resinas compuestas reforzadas, especialmente en el sector anterior.

-Estético: El cemento debe poseer un color similar a la estructura dentaria y a la restauración.

-Estabilidad de color: En áreas donde se requiere alta estética es importante que el cemento no sufra cambios de color con el tiempo.¹³

Propiedades de trabajo

-Grosor de película, viscosidad: debe exhibir un grosor de película mínimo y una viscosidad que asegure el completo asentamiento de la restauración.⁶

-Fácil manipulación y mezclado: La manipulación de un cemento ideal debe ser lo más simple posible, con la menor cantidad de pasos y no debe ser una técnica muy sensible.

-Bajo costo: Un bajo costo es una ventaja para cualquier tipo de material.¹³

-Radiopacidad: Un cemento ideal debe tener una radiopacidad distinta al esmalte y dentina, que permita detectarlo radiográficamente y permita distinguir entre el cemento y caries recidivante y detectar un rebalse de cemento.¹⁴

CLASIFICACIÓN DE LOS CEMENTOS DEFINITIVOS

Actualmente, existen 5 tipos de cementos utilizados para la cementación permanente de restauraciones indirectas: son los cementos de fosfato de zinc, policarboxilatos, vidrio ionómero, resina compuesta y vidrio ionómero modificados con resina. Cada uno presenta características químicas y físicas únicas.⁶

CEMENTO DE FOSFATO DE ZINC

El cemento de fosfato de zinc se ha usado por más de 90 años⁶ y ha sido considerado el gold standard para los cementos dentales.⁵ El polvo del fosfato de zinc consiste en óxido de zinc con óxido de magnesio, dióxido de silicio y trióxido de bismuto.¹⁵ El líquido contiene ácido ortofosfórico, agua y otros materiales.⁵

El cemento de fosfato de zinc endurece por una reacción ácido-base iniciada por la mezcla del polvo con el líquido.⁶ El tiempo de fraguado es regulado por la cantidad de agua presente en el líquido, la cual actúa controlando la ionización del ácido y por lo mismo, la velocidad de reacción con el polvo: a mayor cantidad de agua, se acorta el tiempo de fraguado.

Según la especificación N° 8 de la ADA clasifica a los cementos de fosfato de zinc, según su indicación o uso en:

-Tipo I para cementación de restauraciones en Operatoria y Prótesis Fija

-Tipo II para cementación de elementos que no requieren precisión (bandas de ortodoncia) y para base de protección pulpodentinaria y restauración temporal.¹⁵

Si es apropiadamente mezclado, el cemento tiene un adecuado grosor de película de acuerdo con lo requerido en la especificación de la ADA N°8. La técnica para su mezcla es crítica, se debe realizar en una loseta fría, seca, en un área amplia, incorporando el polvo al líquido en forma progresiva, por aproximadamente 1 minuto 30 segundos⁶, pues de esta manera se logra, por una parte liberar una cantidad mínima de calor, y por otra, se va neutralizando la reactividad del ácido, con lo que la reacción se hace más lenta, se libera menos calor y permite una mayor incorporación de polvo a la mezcla, con el consiguiente aumento en las propiedades del material.¹⁵

La resistencia a la compresión de un cemento adecuadamente mezclado es de 80 a 110 MPa y la resistencia a la tracción es de 5 a 7 MPa; el cemento posee un alto módulo de elasticidad de 13 GPa, lo que le permite resistir la deformación elástica en zonas de alto estrés masticatorio.⁶

El fosfato de zinc no se adhiere químicamente a la estructura dentaria, su sello retentivo es obtenido a través de adhesión mecánica, y se debe a su capacidad para

rellenar irregularidades tanto de la preparación dentaria como de la restauración.^{5,6}

Muchos estudios han demostrado una penetración significativa de nitrato de plata a lo largo del margen diente restauración. La microfiltración aumenta por la degradación del cemento en los fluidos orales.⁶ La acidez del cemento es relativamente alta al inicio de la reacción, dos minutos después del comienzo de su mezcla el pH es aproximadamente 2 y va en aumento, sin embargo permanece en 5,5 por alrededor de 24 horas.¹⁵ El pH inicial de la reacción puede afectar la respuesta biológica en el uso clínico.

Los registros clínicos de larga data prueban su confiabilidad, validando su uso en la cementación de pernos prefabricados y colados, inlay/onlay, coronas y puentes metálicos y coronas de cerámica a sustrato dentario, a muñones de amalgamas, de resinas compuestas o de vidrio ionómero.⁶

CEMENTOS DE POLICARBOXILATO

Los cementos de policarboxilato constituyen el primer material de este tipo que desarrolla alguna forma de unión química a la estructura dentaria.¹⁶ La composición del material es bastante similar al fosfato de zinc, excepto por el líquido que contiene ácido poliacrílico en vez de ácido ortofosfórico, lo que da como resultado un líquido más

viscoso.⁵ La composición del polvo es similar a la de los cementos de fosfato de zinc, estando constituido principalmente por óxido de zinc y óxido de magnesio.¹⁶

El cemento endurece por una reacción ácido-base que ocurre cuando el óxido de zinc y el óxido de magnesio del polvo son rápidamente incorporados a la solución viscosa de alto peso molecular de ácido poliacrílico⁶, el cual es capaz de reaccionar también con el esmalte y la dentina para promover algún tipo de adhesión química, al interactuar sus grupos de ácido carboxílico con el calcio.^{1, 6, 12}

El cemento de policarboxilato al ser comparado con el cemento de fosfato de zinc presenta una menor resistencia a la compresión (55 a 85 MPa), una mayor resistencia a la tracción de (8 a 12 MPa), un grado de microfiltración marginal similar y una deformación plástica mayor, por lo que no se recomienda su uso en zonas de alto estrés. Algunas formulaciones liberan flúor pero en menor medida que los cementos de vidrio ionómero.

Tal vez la mayor ventaja de estos cementos está en su respuesta biológica al interactuar con la pulpa dental, lo que se podría deber a su rápido aumento del pH luego de su mezcla y la falta de penetración tubular de las moléculas del ácido poliacrílico.⁶

Por sus propiedades estéticas similares al fosfato de zinc no se ocupan para

restaurar piezas en forma permanente donde se requiere estética.¹⁶ Este cemento se recomienda para cementación de restauraciones metálicas únicas en zonas de poco estrés.⁶

CEMENTOS DE VIDRIO IONÓMERO

El cemento de vidrio ionómero descende de los silicatos y los cementos de policarboxilato⁶, fue desarrollado por Wilson y Kent en Inglaterra en el año 1969.¹⁷ La idea original fue mezclar un vidrio y un ácido poliacrílico, para así obtener un material que tuviera las cualidades estéticas del vidrio y las adhesivas del ácido poliacrílico. De esta manera, los cementos de vidrio ionómero, tal y como fueron descritos originalmente, están compuestos por un vidrio, poliácidos y agua.¹⁸

El vidrio se presenta en forma de polvo, y se compone de un vidrio de alúmino silicato con alto contenido de flúor, formado por la fusión de algunos componentes como: alúmina, cuarzo, fosfato de aluminio, fluorita, aluminio trifluorurado.¹⁷

El poliácido se presentó inicialmente en forma de líquido, y estaba compuesto por ácido poliacrílico al 50%, pero este líquido presentó algunos problemas por su rápida gelación en el frasco, por lo que se modificó la composición del líquido, incorporándose otros ácidos tales como el ácido itacónico, el ácido maleico, el ácido

fosfónico, etc. Los que ayudan a reducir la tendencia a la gelificación, a disminuir la viscosidad y a aumentar la reactividad del líquido.¹⁷ De manera más genérica se puede denominar a estos ácidos como policarboxílicos, debido a que sus cadenas contiene gran cantidad de radicales carboxílicos – COOH.¹⁸

Para evitar algunos problemas con la composición y el comportamiento del líquido de estos materiales¹⁷, algunos fabricantes desecan estos ácidos y los incorporan al polvo, los que al ser mezclados con agua destilada se reconstituyen desencadenando la reacción. Se incluyó ácido tartárico para darle fluidez y aumentar el tiempo de trabajo.⁶ Por lo tanto, de acuerdo a la presentación del líquido, los cementos de vidrio ionómero se pueden clasificar en cementos de:

-Primera Generación: El material se presenta en forma de un líquido y un polvo, de acuerdo a lo expresado anteriormente.

-Segunda Generación: El ácido maleico, poliacrílico e itacónico son desecados e incorporados al polvo, y el líquido está compuesto por agua y ácido tartárico.

-Tercera Generación: Todos los componentes del líquido han sido desecados e incorporados al polvo, y la mezcla sólo se hace con agua destilada

Las dos últimas generaciones tienen las ventajas de ser más fáciles de dosificar y mezclar, tienen un tiempo de endurecimiento más rápido y un mayor tiempo de vida útil de almacenamiento.¹⁶

El agua es un componente esencial de la fórmula. Su misión fundamental es proporcionar el medio en que se realizan los intercambios iónicos. Su balance adecuado es fundamental, debido a que su falta o exceso producen enormes alteraciones estructurales del material.¹⁸

La mezcla del polvo con el líquido debe ser realizada en un área reducida, incorporando el polvo al líquido sin aplastar o estirar la masa, en un lapso que no exceda los 30 segundos, pasados los cuales empiezan a bajar sus propiedades de consistencia y manipulación. El material no debe manipularse una vez que ha perdido su aspecto brillante.¹⁶ Al realizar la mezcla se produce la reacción de fraguado, la cual es una reacción ácido-base típica, en la que se forman sales de poliacrilatos, polifosfonatos, polimaleinatos, en general de policarboxilatos y agua. Dichas sales forman el entramado o matriz que retiene los restos o núcleos de las partículas de vidrio sin reaccionar. Estas partículas sin reaccionar están rodeadas por una interfase que los separa de (o une a, según se mire) la matriz. Esta corresponde a una capa que se ha denominado «gel silícico hidratado». Dicha capa es la zona exterior de las partículas que es atacada por el poliácido y de ella procede el intercambio iónico entre el poliácido y el cristal. Se le ha denominado gel silícico hidratado ya que los protones (H⁺) que provienen de la disociación del poliácido se intercambian con los iones metálicos de la zona externa, quedando la superficie relativamente rica en sílice y protones, con las características físicas de un gel e hidratada, pues el contenido en ión H⁺ es relativamente alto. Se ha especulado con la existencia de otra reacción

concomitante de fraguado, consistente en la formación de una matriz de silicato, que sería la responsable de la maduración del cemento, formada por la reacción química de la sílice del vidrio.¹⁸

Esta reacción es posible gracias a la presencia de agua y a que es una reacción lenta. Esta lentitud es crucial y se debe a las dificultades que tienen los iones extraídos de los cristales para migrar a través de una matriz progresivamente rígida, en busca de sus lugares de acoplamiento. Es evidente que los iones de mayor valencia y peso molecular (principalmente Al) tendrán mayores dificultades pero, a la vez, son los que producen mayor grado de entrecruzamiento entre las diferentes moléculas, lo que produce una red más estable y resistente. Este fenómeno de lenta maduración de la matriz es una característica inseparable del fraguado de estos materiales y les confiere sus características de dureza y translucidez final.¹⁸

En consecuencia, al término de la reacción de fraguado, la mezcla aumenta su dureza y la resistencia a la erosión ácida. La exotermia de la reacción es baja, la contracción al fraguar es escasa, pero no nula y la estabilidad dimensional se alcanza en ambiente húmedo.¹⁸

El vidrio ionómero posee dos grandes beneficios: primero su unión a través de enlaces iónicos con la estructura dental y en segundo lugar la capacidad de liberar flúor.¹⁹ La capacidad de adherirse a la fase mineral del esmalte o la dentina se cree

que se debe a una unión irreversible de los iones de poliacrilato a la superficie de la hidroxiapatita. En dicha superficie desplazan a los iones fosfato, de manera que en la superficie tisular hay policarboxilato incluido y en la superficie de cemento hay iones calcio y fosfato desplazados del diente. Se forma así una unión gradual, sin cambios bruscos de fase, mediante una capa intermedia, de transición entre la masa del cemento y la masa tisular.¹⁸

Un concepto ligado específicamente a estos materiales y en relación con su capacidad adhesiva, es el del acondicionamiento de la superficie a la que se va a adherir.¹⁸ El ácido poliacrílico es el más recomendable para este acondicionamiento, porque elimina eficientemente la capa de detritus dentinaria, altera la energía de superficie y tiene además la capacidad de aumentar las uniones de hidrógeno que son necesarias para que exista una fuerte adhesión. Se ha demostrado que el ácido poliacrílico al 10% colocado durante un lapso de 10 a 20 segundos, es suficiente para obtener un acondicionamiento satisfactorio de la dentina.¹⁷ Este nuevo concepto obliga a un tratamiento distinto del acondicionador, diferente del tratamiento del ácido de grabado clásico: debe aplicarse, secarse y no eliminarse mediante lavado.

La liberación de flúor en su entorno inmediato está bien documentada; se produce al sufrir el material un ataque ácido y es detectable durante un período largo de tiempo. Pero aunque el flúor es liberado, en el caso del uso del vidrio ionómero usado como agente cementante, la pequeña cantidad de cemento del margen puede

no tener significancia clínica como para considerarlo un agente cariostático.⁶

La mayor desventaja de este cemento recae en su sensibilidad a la humedad^{6,12,19}. Durante los primeros estadios del fraguado del cemento de vidrio ionómero, el cemento es muy sensible al desbalance hídrico¹⁷, soportando muy mal los excesos o déficit de agua. Se ha demostrado que la exposición temprana a agua o saliva disminuye significativamente la dureza de los cementos de vidrio ionómero.⁶ El efecto no es el mismo al secarlos en exceso (resquebrajamiento) que al mojarlos (disolución). Este resquebrajamiento de los cementos de vidrio ionómero puede explicarse por el stress interno de contracción que se produce en el seno de un material que debe fraguar adherido a unas paredes rígidas (las de la cavidad).¹⁸

El cemento de vidrio ionómero tiene una alta resistencia a la compresión (90-230 MPa), mayor a la del cemento de fosfato de zinc⁶, pero al compararlos con los cementos de resina compuesta sus cualidades mecánicas no son tan buenas.¹⁸ Muchos estudios han demostrado una menor microfiltración en comparación a los cementos no adhesivos, sin embargo, algunos estudios *in vitro* no han confirmado la mayor capacidad retentiva del cemento de vidrio ionómero comparado al cemento de fosfato de zinc. Su módulo de elasticidad es menor al del cemento de fosfato de zinc, por lo que puede presentar deformación elástica en áreas de estrés masticatorio.⁶

Las evaluaciones clínicas de restauraciones cementadas con cemento de vidrio

ionómero han reportado mínima hipersensibilidad postoperatoria⁶, ya que estos cementos poseen una mejor respuesta biológica de los tejidos pulpodentinarios debido a que una vez fraguados presentan una menor acidez y al mismo tiempo, los ácidos son más débiles y con menor capacidad de migrar hacia los túbulos dentinarios.¹⁶

De acuerdo a su uso, los cementos de vidrio ionómero se clasifican en 4 tipos, presentando una fórmula especial para cada aplicación específica. Es así como tenemos cementos de:

Tipo I: Para cementado de restauraciones rígidas, los que requieren una buena capacidad de fluir y poco espesor de película, radiopacidad y color adecuado

Tipo II: **a)** Para restauración, requieren de buena translucidez y color, resistencia a la abrasión, a la erosión y a esfuerzos mecánicos.

b) Comprende sólo los materiales de restauración con agregados metálicos denominados «*cermets*» y/o asimilados.

Tipo III: Para base cavitaria, requieren de buena radiopacidad, resistencia mecánica y compatibilidad con otros materiales con los que deben combinarse. Es conveniente, aunque no imprescindible, un color similar al de la dentina.

Tipo IV: Misceláneo. Aunque algunos fabricantes comercializan productos con indicaciones altamente específicas, otros promocionan el empleo del mismo producto para más de una indicación diferente (por ejemplo, base y restauración). Se comercializan productos para utilizarse como selladores de puntos, fosas y fisuras, material de obturación endodóntico o recubrimiento de

superficies radiculares dolorosas. Como es lógico, cada fabricante procura cubrir la gama de aplicaciones más amplia posible, viendo la composición de sus productos.¹⁸

Los cementos de vidrio ionómero se indican para cementar restauraciones indirectas de la misma forma que los cementos de fosfato de zinc.⁶

CEMENTOS DE VIDRIO IONÓMEROS HÍBRIDOS O MODIFICADOS CON RESINA

Estos cementos endurecen por la formación de una sal de poliacrilato metal y de un polímero, es decir, por medio de una reacción ácido base entre un polvo de vidrio de flúor-alúmino-silicato y una solución acuosa de ácidos polialquenoicos modificados con grupos de metacrilato, los que por una activación por luz o química polimerizan.²⁰ Poseen una resistencia a la compresión y tracción mayor a los cementos de fosfato, policarboxilato y algunos de vidrio ionómero convencionales, pero menor a los cementos de resina compuesta. Su adhesión a esmalte y dentina, y su patrón de liberación de flúor son similares a los del cemento de vidrio ionómero convencional. Son más resistentes al agua durante el endurecimiento y son menos solubles que los cementos de vidrio ionómero convencionales. Su biocompatibilidad es controversial debido a la presencia de monómero libre en el líquido. Tal vez la mayor ventaja de estos cementos es ser fácil de mezclar y usar, porque no se requiere de múltiples

pasos.^{6, 20}

La principal desventaja de estos cementos está en su naturaleza hidrofílica, lo que resulta en una aumentada absorción de agua y expansión higroscópica. La contracción de polimerización de la resina puede compensar la absorción de agua inicial, pero como la absorción es continua tiene un efecto negativo.⁶ Este potencial de cambio dimensional lo contraindica en el uso con restauraciones de cerámica libre de metal y en la cementación de pernos en dientes no vitales.^{6, 20}

Los fabricantes recomiendan su uso para cementar coronas y PFP metálicas o de metal-porcelana a muñones de diente, amalgama, resina compuesta o vidrio ionómero.⁶

CEMENTOS DE RESINA COMPUESTA

Los cementos de resinas compuestas están compuestos básicamente por tres materiales químicamente diferentes: la matriz orgánica o fase orgánica; la matriz inorgánica o material de relleno o fase dispersa; y un órgano-silano o agente de unión entre la resina orgánica y el relleno.

-La matriz orgánica comprende un sistema de monómeros mono, di o trifuncionales, un sistema iniciador de la polimerización de los radicales libres, estabilizadores para

maximizar la capacidad de almacenamiento antes de polimerizar y otorgar la estabilidad química una vez polimerizada.²¹ La mayoría de los cementos tienen monómeros de Bis-GMA o UEDMA, combinados en algunos casos con TEGDMA, o con agregado de pequeñas cantidades de grupos funcionales hidrofílicos tales como el HEMA o el 4-META.⁷

-La fase dispersa de las resinas compuestas está integrada por un material de relleno inorgánico del que dependen las propiedades físicas del material. Existe una gran variedad de partículas de relleno empleadas en función de su composición química, morfología y dimensiones, destacando de forma mayoritaria el dióxido de silicio, así como los borosilicatos y aluminosilicatos de litio. Además se incluyen partículas de metales pesados, como el bario, estroncio, zinc, aluminio o zirconio, que son radiopacos.²² El tamaño de la partículas de relleno va a diferenciarlos en: *cementos de microrelleno*, que tienen 46 a 48% en volumen de dióxido de silicio de tamaño promedio de 0,04um; y *cementos microhíbridos*, que conforman hoy día la gran mayoría, cuyo tamaño promedio de partículas inorgánicas es de alrededor de 0,04 a 2,4 um, las cuales están incorporadas en un porcentaje de aproximadamente 60 a 80% en volumen.⁷ El relleno inorgánico mejora la resistencia a la abrasión, compresión y dureza, reduce la contracción de polimerización y el coeficiente de expansión térmico²³, además de proporcionar radiopacidad, mejorar la manipulación e incrementar la estética.²² Sin embargo una carga de relleno muy elevada aumenta la viscosidad del cemento, lo que aumenta el grosor de película del cemento.⁶ Según la literatura, los mejores resultados se logran con los cementos microhíbridos, ya que su

contracción de polimerización es más baja y presentan una viscosidad media, lo cual permite un adecuado asentamiento de las restauraciones.⁷

- **El agente de acoplamiento** cubre las partículas de relleno inorgánico, este agente es una molécula bifuncional, como el silano, que se puede unir en un extremo al grupo hidroxilo del sílice y por el otro extremo, a través de su doble enlace, a los monómeros de la matriz.^{22, 24}

Los monómeros de la matriz orgánica polimerizan por mecanismos de polimerización iniciados por radicales libres. Los radicales libres pueden ser generados por activación química o por activación energética (calor o luz).²⁵ De acuerdo al sistema iniciador utilizado para activar estos materiales, los cementos de resina compuesta se pueden clasificar en:⁷

-**Cementos autopolimerizables o químicamente activados:** se presentan como dos pastas, una que contiene el iniciador, que es el peróxido de benzoilo y la otra un activador que es una amina terciaria. Al ser espatuladas estas dos pastas, la amina reacciona con el peróxido de benzoilo y forma radicales libres, y de esta manera se inicia la polimerización. Durante el proceso de mezclado es imposible evitar la incorporación de burbujas de aire dentro de la mezcla. Esto puede implicar un material con propiedades disminuidas por la inhibición de la polimerización con oxígeno. Otro problema a considerar es que el operador no tiene control del tiempo de trabajo después que el material ha sido mezclado, ya que la reacción comienza en ese

momento²⁵ fruto de este sistema de activación, el material tiene mala estabilidad de color, dado que se generan subproductos de color café que tiñen la matriz del material.¹³ Estos cementos están indicados para la fijación de estructuras opacas, ya sea de cerámica o metal.⁷

-Cementos fotopolimerizables o activados con luz: Son sistemas monopasta de fácil manipulación y estables de color, pero sólo factibles de usar en restauraciones delgadas, ya que su polimerización es absolutamente dependiente de que les llegue suficiente cantidad de luz desde la unidad de fotocurado.⁷ Estos materiales contienen un agente iniciador, que es una alfa-dicetona (canforoquinona) que al absorber la luz en longitudes de onda entre 460 a 480 nm genera radicales libres, para lo cual necesita un co-iniciador, que generalmente es una amina terciaria alifática que actúa como agente reductor. Debido a las ventajas que posee, tales como control en el tiempo de trabajo y menor inclusión de aire, las resinas compuestas fotopolimerizables son actualmente muy aceptadas.²⁶ Algunas resinas compuestas fluidas funcionan perfectamente como agentes cementantes de fotopolimerización, con ventajas incluso por su alta carga de relleno inorgánico, que comparativamente mejora todas sus propiedades mecánicas.⁷

-Cementos duales o de activación mixta: También son sistemas pasta-pasta, pero que tienen ambas formas de activación de la polimerización (química y por luz). Son los indicados para el cementado de restauraciones en las que, por el tipo y grosor de

las mismas, no es predecible la cantidad de luz que pueda alcanzar las zonas más alejadas o profundas. Al igual que los sistemas de autopolimerización, también tienen la desventaja de poder incorporar burbujas de aire durante el espatulado. En general, a muchos de estos sistemas se les ha catalogado como muy fotodependientes, por lo que hay que ser cautos en su recomendación para el cementado de restauraciones demasiado opacas o gruesas.⁷

-Cementos opcionales: Estos sistemas son también pasta-pasta, pero con la ventaja de que tienen el fotoiniciador en una de ellas, lo que significa que de utilizarse sola funcionaría como un sistema fotopolimerizable, pero ofrecen la opción de que, si se combina con la otra pasta que tienen el catalizador químico, se vuelven de polimerización dual. En ambos casos, presentan las mismas ventajas y desventajas ya mencionadas para los fotopolimerizables y para los duales. Adicionalmente, algunos de estos sistemas tienen también como opción la posibilidad de usar pasta catalizadora de consistencia fluida, viscosa y hasta ultra-viscosa de acuerdo a las necesidades y/o gustos del profesional.⁷

La polimerización se produce gracias a la unión de los monómeros para formar una matriz de polímeros, realizándose esta unión gracias a grupos específicos no saturados que posee cada monómero.²¹ Inevitablemente al polimerizar el material, se genera una contracción de polimerización, porque en el estado inicial las unidades de monómero están separadas entre sí por distancias correspondientes a fuerzas de Van

der Waals, mientras que en el polímero final las unidades de monómero (que ya están unidas formando el polímero) están a distancias de enlace covalente, las que son considerablemente menores.^{21, 23} Esto hace que la matriz finalmente tenga un volumen menor del que tenían sus componentes al principio, generándose una contracción de polimerización, que en el caso de los cementos varía entre un 2,5 y un 4%.²¹

El tipo de adhesión de los cementos de resina compuesta se basa en general en los mismos principios de adhesión de las resinas compuestas utilizadas como material de restauración directo, por lo que sus sistemas adhesivos han ido evolucionando juntos. La adhesión a esmalte ocurre a través de una trabazón micro mecánica de la resina entre los cristales de hidroxiapatita grabados con ácido fosfórico.⁶ Esto se logra gracias al mismo tratamiento de la superficie del esmalte, propuesto por Buonocore en 1955, para promover la adhesividad adamantina aplicando ácido fosfórico. Tal procedimiento se caracteriza por revertir la poca o casi nula adhesividad normal del esmalte, dotándolo de un favorable potencial adhesivo en su superficie, como resultado de un proceso desmineralizador. Éste proceso, en una primera etapa, disuelve generalizadamente 20 a 50 μm de la superficie general, y concluye reduciendo selectivamente las varillas adamantinas. Esta acción selectiva le confiere a la superficie del esmalte una particular rugosidad, en la cual pueden identificarse simultáneamente tres tipos característicos de relieve, conocidos como patrones de grabado desde 1975. El denominado de tipo I, se caracteriza por presentar disuelto solo el centro de los prismas; el de tipo II por tener afectada únicamente su

periferia y el de tipo III por mostrar estriaciones completamente irregulares y menos profundas, producidas en áreas donde el esmalte carece de un ordenamiento coordinado de sus prismas, debido a lo cual se estima que proveen el más bajo potencial de adhesividad.

Durante más de medio siglo de adhesión al esmalte, su gran efectividad, confiabilidad y su mínima susceptibilidad a variaciones en la técnica, observadas desde el comienzo, prácticamente han suprimido la necesidad de modificar el procedimiento clínico original, salvo con pequeñas excepciones tales como reducir la concentración del ácido fosfórico, (de 85% original a entre 30 y 40% en la actualidad), variar su presentación de líquido a gel y disminuir su tiempo de aplicación (de los 60 segundos originales a 15 segundos en la actualidad). Tal estabilidad se atribuye unánimemente al principal mecanismo de adhesión al esmalte, dado por el anclaje micromecánico que proveen las irregularidades producidas por el grabado ácido, en las cuales la resina tras infiltrarse en consistencia fluida queda trabada al adoptar rigidez por la polimerización.

Lo observado en esmalte contrasta sustancialmente con las múltiples variaciones que se han tenido que hacer y se continúan realizando en los materiales y procedimientos necesarios para lograr una adhesión dentinaria tan segura y perdurable como la que se da en esmalte. Esto se ve obstaculizado por que, a diferencia del esmalte, la dentina no presenta características homogéneas que favorezcan su

adhesividad.

Entre las barreras que dificultan la adhesión dentinaria están sus importantes variaciones topográficas, su composición química con un relativamente alto contenido orgánico y de agua, además de la presencia de fluido dentinario, las cuales los fabricantes han tratado de superar principalmente desarrollando productos que permitan a los adhesivos operar en medio húmedo e interactuar con el componente orgánico. Otro factor desfavorable es la presencia del barro dentinario, el cual se forma como consecuencia de la preparación dentaria y consiste principalmente en detritus y dentina desorganizada. Su denominación se atribuye a Boyde et al. (1963) y en 1984 Brannstrom la subdividió en dos capas, la externa (smear on), que es amorfa y reposa sobre la superficie dentinaria, y una interna (smear in o smear plug), formada por partículas más diminutas que se localizan en el interior de los túbulos. Durante muchos años debido a su virtud relativa de disminuir la permeabilidad dentinaria y por ende de proteger el complejo dentino-pulpar, se mantuvo una oposición a retirar la capa de barro dentinario, ignorándose la propuesta de Fusayama en 1980, quien preconizó que el tratamiento ácido de la superficie dentinaria lejos de perjudicarla, favorecería su adhesividad, denominando a este procedimiento como técnica de grabado total.

Nayabayashi en 1982 notó la existencia de una capa de 3 a 6 μm , constituida por colágeno y resina, luego de aplicar adhesivo sobre la superficie dentinaria desmineralizada. Sobre esto lanzó la teoría conocida como Hibridización dentinaria, la

cual sostiene que la adhesión a la dentina por polímeros se da por un mecanismo de retención micromecánica de la resina en la red de fibras colágenas de la dentina desmineralizada, en la cual, luego de infiltrarse en consistencia fluida y adoptar rigidez por polimerización, queda trabada formando una capa mixta o capa híbrida, también llamada de interdifusión.²⁷

Al igual que las resinas compuestas directas, la mayoría de los cementos de resina compuesta dependen de un sistema adhesivo para unirse al diente y de otros sistemas para hacerlo a las restauraciones que se cementan.⁷ Actualmente los cementos de resina compuesta ocupan distintos sistemas adhesivos:

-Cementos de resina compuesta con sistemas adhesivos de grabado y enjuague.

Existen cementos de resina compuesta que utilizan sistemas adhesivos de grabado y enjuague (cuarta y quinta generación), los cuales se clasifican en sistemas de tres o dos pasos al igual que los sistemas adhesivos de resina compuesta directa.²⁸

Los sistemas de cuarta generación corresponden a los de grabado y enjuague de “tres pasos”. El primer paso corresponde al grabado de esmalte y dentina usando ácido fosfórico, seguido del lavado con agua para remover la capa de barro dentinario y exponer la malla colágena de la matriz dentinaria. El ácido desmineraliza 2 a 5 μm de dentina, disuelve y extrae la fase de apatita mineral que normalmente cubre las fibras de colágeno de la matriz dentinaria y abre canales de 20 a 30 nm alrededor de las

fibras de colágeno. Se ha descrito que una óptima desmineralización sería de 2 a 5 μm de profundidad, lo que se lograría con la aplicación por 15 segundos del ácido acondicionador. Una aplicación más prolongada del ácido en la dentina, lleva a una zona más profunda de desmineralización que no permite la total infiltración de los monómeros, y si no se obtiene una completa infiltración del agente imprimante, el colágeno de la zona más profunda queda desprotegido, formándose una zona más débil. En un segundo paso, luego del grabado y lavado, se retira el exceso de agua y se aplica el agente imprimante hidrofílico, para aumentar la energía superficial de la dentina y facilitar la penetración de los monómeros de la resina unión, generando una zona mixta de resina con fibras colágenas, conocido como capa híbrida.²⁹ Uno de los agentes más utilizados es el HEMA, el cual es bifuncional, es decir, posee una parte hidrofílica que se une a la dentina y otra hidrofóbica que se puede unir al adhesivo. El agente imprimante es aplicado en la superficie dentinaria ligeramente húmeda y se requiere que reemplace el agua de la dentina para penetrar entre las fibras colágenas y permitir la entrada también allí del agente adhesivo, que además entrará en los túbulos dentinarios. El agente imprimante se debe secar manera suave para no dañar la malla colágena y no eliminarlo completamente, pero de manera que permita remover cualquier remanente del solvente orgánico o de agua que pueda obstruir posteriormente el contacto del adhesivo dentinario con el agente imprimante. El tercer paso corresponde a la aplicación de la resina de unión o adhesivo para estabilizar la dentina ya desmineralizada e imprimada, penetrando también entre los túbulos dentinarios.⁶

Se ha publicado que la calidad de la adhesión está influenciada por la duración del proceso de grabado y la humedad de la dentina previa a la infiltración del sistema adhesivo. Muchas de las investigaciones actuales y el desarrollo de adhesión a dentina apuntan a simplificar el proceso de adhesión y disminuir la sensibilidad de la técnica al reducir la cantidad de pasos.^{29, 30}

Los sistemas adhesivos de quinta generación surgieron con la idea de simplificar la técnica para hacerla menos sensible y más rápida en obtener la adhesión teóricamente, con un menor número de pasos clínicos. Estos sistemas corresponden a los de grabado y enjuague de “dos pasos”, que utilizan el grabado total o acondicionamiento simultáneo de dentina y esmalte, pero a diferencia de los sistemas de cuarta generación utilizan el sistema de “una botella” que contiene el agente imprimante y el adhesivo juntos, los que se aplican después del grabado.³¹

Ambas generaciones requieren de un paso adicional, ya que una vez utilizado el sistema adhesivo se requiere aplicar el cemento de resina compuesta.

-Cementos de resina con sistemas adhesivos de autograbado: De manera similar a los sistemas adhesivos autograbantes de las resinas compuestas directas, se han elaborado sistemas adhesivos autograbantes para uso exclusivo con cementos de resina compuesta.³² Por lo general la fórmula de estos agentes imprimantes autograbantes incluyen una mezcla acuosa de monómeros acídicos, como éster fosfato o ácido carboxílico, y monómeros hidrofílicos como el HEMA. Debido a su

acidez intrínseca, estos agentes imprimantes pueden simultáneamente acondicionar e imprimir los tejidos dentarios duros, usando la capa de barro dentinario como un sustrato de unión intermediario.²⁹ Presentan una adhesión a dentina de 18 a 23 MPa, pero la adhesión a esmalte no grabado ni preparado esta en entredicho. La ventaja inherente a estos sistemas es que graban y depositan el material en un mismo paso, evitando la generación de vacíos en las zonas donde la sustancia inorgánica ha sido retirada.³⁰

La variación de la composición y concentración de los monómeros de resina acídicos permite clasificarlos de acuerdo a su grado de acidez en suaves, moderados y agresivos. Se ha encontrado que los cementos con agentes imprimantes autograbantes agresivos y moderados presentan mayores fuerzas de unión con dentina que aquellos más suaves.²⁹

Estos sistemas adhesivos se pueden clasificar a su vez en sistemas de un paso y de dos pasos. En los sistemas de un paso se aplica, sobre la superficie dentaria sin acondicionar, el agente imprimante autograbante y luego el cemento de resina compuesta. En los sistemas de dos pasos se aplica el agente imprimante autograbante, luego una capa de adhesivo y luego el cemento. Se ha publicado que los sistemas adhesivos con agentes imprimantes autograbantes de un paso, debido a su alta concentración de monómeros de resina hidrofílicos y la falta de una posterior aplicación de una capa de adhesivo hidrofóbico, se comportan como una membrana permeable posterior a su polimerización. El aumento en la permeabilidad de estos

sistemas le permite al agua difundir desde la dentina y formar gotas a lo largo de la interfase sistema adhesivo-cemento. Esta podría ser la razón de la relativa baja fuerza de adhesión observada en este tipo de sistemas adhesivos.³²

Los cementos que requieren sistemas adhesivos necesitan de varios pasos y la mayoría de ellos son sensibles a la humedad, la saliva o incluso la humedad de la respiración pueden deteriorar la calidad de la unión. Para una apropiada adhesión es esencial controlar esta posible contaminación, siendo el uso de goma dique el método más fácil de evitarla, por lo que se recomienda su uso al aplicar sistemas adhesivos de cementación.⁹

Al ser técnicas de múltiples pasos aumenta la posibilidad de errar, por lo que los resultados obtenidos en la práctica clínica pueden distar de los obtenidos en las condiciones ideales.¹³

Recientemente se ha introducido un nuevo tipo de cemento a base de resina compuesta, que propone simplificar el procedimiento de cementación, al aplicarse en un solo paso, ya que no requiere de sistema adhesivo. En este sentido, por su forma de aplicación es más parecido a los cementos convencionales como el fosfato de zinc. Este nuevo tipo de cemento se ha denominado autoadhesivo.³

-Cementos de resina compuesta autoadhesivos: Para los fabricantes el principal objetivo fue lograr la combinación entre el manejo sencillo de los cementos convencionales con las excelentes propiedades mecánicas, buena adhesión y estética de los cementos de resina.³³ Los estudios clínicos a largo plazo de estos materiales todavía no están disponibles, pero estudios a corto plazo han mostrado resultados prometedores. Algunos de los cementos autoadhesivos son: RelyX Unicem (3M ESPE), Maxcem (Kerr), BisCEM (BISCO), Multilink Sprint (Vivadent) y MonoCem (Shofu Inc.).³⁴

Uno de los cementos autoadhesivos más estudiados ha sido el cemento RelyX Unicem, el cual presenta algunas diferencias con los cementos de resina compuesta antes conocidos:

- Presenta un monómero de metacrilato que tiene unido grupos de ácido fosfórico y por lo menos dos dobles enlaces insaturados Carbono=Carbono.
- El relleno inorgánico de este cemento consiste en un polvo vítreo (vidrio de flúor alúmino silicato, sílice), cuyos componentes principales son Si, Na y O que construyen una malla vítrea, al que se le incorporaron cationes de Estroncio y Lantano que por su alto número atómico le otorgan radiopacidad.³⁵
- Según el fabricante, tendría un nuevo sistema iniciador que le permitiría funcionar correctamente en un medio ácido.³³

El fabricante explica la capacidad de ser autoadhesivo a través de los grupos de

ácido fosfórico que presenta el monómero, los cuales le permiten reaccionar con el relleno inorgánico básico y con los iones calcio de la apatita dentaria. De esta forma, la cadena monomérica al ser activada, polimerizará y se unirá tanto al relleno como a la estructura dentaria (Fig. 1). Producto de la reacción inicial, se genera agua, lo que transforma al cemento en un elemento hidrofílico. A medida que avanza la reacción, el agua generada es reutilizada, lo que lleva a la neutralización de la acidez del cemento y a transformarlo nuevamente en un material hidrofóbico.³³

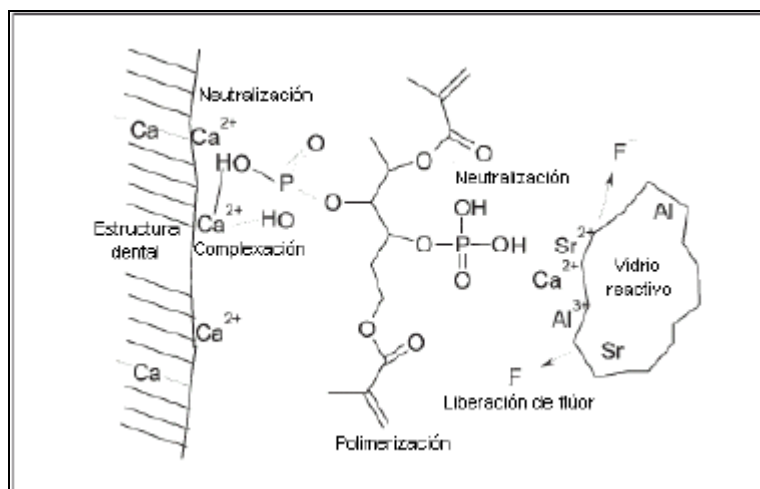


Fig. 1: Representación esquemática del mecanismo de adhesión y de la reacción de neutralización de RelyX Unicem.³³

Además de estas reacciones ocurre una reacción de polimerización de radicales libres iniciada por activación química o por luz, tal como ocurre en los cementos duales.³³

Las investigaciones realizadas han mostrado que este cemento sólo interactúa

superficialmente con el esmalte y la dentina, observándose ausencia de capa híbrida o tapones de resina, a pesar del bajo pH del material mezclado (menor a 2 durante el primer minuto).^{36,37} Hikita y cols. evaluaron la retención micromecánica de este cemento comparándolo con cementos con sistemas adhesivos de grabado y enjuague, encontrando una menor fuerza de unión en esmalte. En dentina encontraron valores de fuerza de unión similares a los sistemas de grabado y enjuague y a los autograbantes.³

También se ha estudiado su respuesta biológica, observándose que al mantener la capa de barro dentinario se previene el desplazamiento de los componentes del cementos hacia los túbulos dentinarios, no observándose reacciones pulpares detectables en grosores de dentina remanente menores a 300 μm , a diferencia de las reacciones de inflamación crónica que se observaron al ocupar cementos de grabado y enjuague.³⁸

Los cementos de resina compuesta en general tienen una alta resistencia a la fatiga y alta resistencia a la compresión. Exhiben mejores propiedades mecánicas de resistencia a la flexión, módulo de elasticidad, resistencia a la fractura y dureza en comparación a los cementos cerámicos tradicionales.

La capacidad de adherirse a múltiples sustratos, ser virtualmente insolubles en el medio bucal y ser estéticos, han hecho que los cementos de resina compuesta sean el cemento de elección para restauraciones estéticas, incluyendo inlay/onlay, coronas y

puentes de resinas compuestas y cerámicas.⁶

El continuo desarrollo de los cementos de resina compuesta ha llevado a declinar el uso de los cementos tradicionales, como el fosfato de zinc. Sin embargo los cementos de resina compuesta tienden a tener técnicas más sensibles y su uso tiene pasos adicionales que pueden aumentar la brecha entre su comportamiento bajo condiciones ideales y su comportamiento bajo las condiciones de la práctica clínica.¹³

En vista de que los cementos de resina compuesta autoadhesivos aparecen como una nueva alternativa, que combinaría las ventajas del manejo sencillo de los cementos cerámicos tradicionales con las excelentes propiedades mecánicas, buena adhesión y estética de los cementos de resina, y dado que por su corta data, no existen estudios acerca de su desempeño a mediano o largo plazo, no solo en el grado de retención que brindarían a las restauraciones cementadas sino también en su real capacidad de sellado de la interfase diente restauración, es que podrían haber dudas acerca de su real capacidad de lograr los objetivos señalados por los fabricantes. Es por ello que el propósito del presente trabajo es evaluar comparativamente la capacidad de generar un buen sellado marginal de un cemento de resina compuesta autograbante y un cemento de resina compuesta de grabado y enjuague de dos pasos en condiciones *in vitro*.

HIPÓTESIS

“No existen diferencias significativas en el grado de sellado marginal obtenido en restauraciones indirectas de resina compuesta cementadas con un cemento autoadhesivo y un cemento con sistema adhesivo de grabado y enjuague”

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

-Determinar si existen diferencias en el grado de sellado marginal en restauraciones indirectas de resina compuesta cementadas con cemento autoadhesivo y cemento con sistema adhesivo de grabado y enjuague.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

-Cuantificar el grado de sellado marginal obtenido en restauraciones indirectas de resina compuesta cementadas con un cemento autoadhesivo

-Cuantificar el grado de sellado marginal obtenido en restauraciones indirectas de resina compuesta cementadas con un cemento con sistema adhesivo de grabado y enjuague.

-Analizar comparativamente los resultados obtenidos en los distintos grupos de estudio.

MATERIAL Y MÉTODO

Este trabajo se realizó en los Laboratorios del Área de Biomateriales Dentales del Departamento de Odontología Restauradora de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile.

Para realizar la investigación se recolectaron 20 terceros molares humanos sin caries recién extraídos, a los cuales se les retiró los restos de ligamento periodontal con curetas universales, para luego ser limpiados con escobilla y clorhexidina al 0,12%, lavados y almacenados en suero. Una vez reunidas las muestras, a cada pieza dentaria se les realizó en el centro de las caras vestibular y palatina/lingual cavidades expulsivas de aproximadamente 4 mm. de largo, 3 mm. de altura y 3 mm. de profundidad sobre el límite amelocementario. Las cavidades fueron realizadas por un sólo operador con turbina (NSK Pana Air) con refrigeración constante y piedra de diamante troncocónica de extremo redondeado (Maillefer ISO 806 314 197 534 014) que se cambió cada 5 cavidades.^{39, 40}






Terminadas las cavidades, las piezas dentarias se mantuvieron en suero fisiológico. Para confeccionar las restauraciones, se aislaron las cavidades con aislante para acrílico y sobre ellas se confeccionaron las incrustaciones utilizando una técnica incremental con resina compuesta Z 100 (3M). A cada restauración se les agregó un

botón de resina compuesta en el centro de la incrustación para facilitar el retiro y posterior cementación. Una vez terminadas las incrustaciones se retiraron de la preparación dentaria y se arenaron con óxido de alúmina ≤ 40 μm . Luego de esto se limpiaron con escobilla suave y agua, se colocaron en un vaso dappen con alcohol para limpiarlas y se secaron con aire. Además se marcaron los botones de las incrustaciones para conformar dos grupos de estudio, el Grupo "U" marcado de color verde para indicar que las restauraciones indirectas serían cementadas con RelyX U100 (3M) y el Grupo "A" marcado de color rojo indicando que las restauraciones indirectas se cementarían con RelyX ARC (3M).

Para la cementación se siguieron las indicaciones del fabricante:^{33, 41}

-Para el grupo "U" (RelyX U100, 3M) se limpió la cavidad con escobilla y agua y se secó con papel absorbente para no secar en exceso (superficie con brillo satinado). Luego se dispensó el cemento sobre un block y se mezcló con espátula plástica por 10 segundos. Una vez terminado el mezclado, se aplicó a las paredes de la cavidad y de la restauración y se insertó la restauración tomándola del botón con una pinza, presionando para realizar el asentamiento final. Se retiraron los excesos del cemento luego de 3 minutos de iniciada la mezcla con papel absorbente y se fotopolimerizó por 40 segundos. Tal como se ilustran algunos de estos pasos en la Fig. 2.

Fig. 2: Instrucciones de uso del cemento RelyX U100

| | | |
|--|---|---|
|  |  |  |
| Limpieza de la cavidad. | Dispensado y mezcla del cemento | Aplicación a las paredes de la restauración |
|  |  | |
| Inserción de la restauración y remoción de excesos de cemento | Fotopolimerización | |

-Para el grupo "A" (RelyX ARC, 3M) se limpió la cavidad con escobilla y agua, se aplicó el gel grabador 3M Scotchbond por 15 segundos, se lavó profusamente la preparación por 10 segundos y se secó con papel absorbente para no secar en exceso (superficie con brillo satinado). Posteriormente se aplicó una capa de adhesivo dental Single Bond 3M al esmalte y dentina, se frotó por 10 segundos en toda la estructura cavitaria, se sopló con aire para adelgazar la capa de adhesivo y evaporar el solvente, luego se aplicó una segunda capa de adhesivo, que luego de adelgazó con aire, y se polimerizó con luz halógena durante 20 segundos, asegurándose que no quedara una capa que

interfiera con el ajuste de la incrustación. A continuación se dispensó y mezcló el cemento por 10 segundos, se aplicó a las paredes de la cavidad, se insertó y asentó la restauración ayudándose del botón para ubicarla en posición con una pinza. Se retiraron los excesos del cemento de la misma forma que en el grupo anterior y se fotopolimerizó por 40 segundos. Tal como se ilustran algunos de estos pasos en la Fig.3.

Fig. 3: Instrucciones de uso de RelyX ARC

| | | |
|---|--|---|
|  |  |  |
| <p>Limpieza de la cavidad.</p> | <p>Grabado de la cavidad Lavado de la cavidad.</p> | <p>Aplicación del adhesivo</p> |
|  |  |  |
| <p>Adelgazamiento de la capa de adhesivo Fotopolimerización</p> | <p>Dispensado y mezcla del cemento</p> | <p>Aplicación a las paredes de la restauración</p> |



Luego de realizada la cementación, los cuerpos de prueba se mantuvieron en una estufa a $37 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 48 horas.

Para evitar microfiltración provenientes de la cámara pulpar y los conductos radiculares al realizar el termociclado, se aplicó un tapón de vidrio ionómero de fraguado químico en aquellos dientes con apertura apical mayor a 1 mm., luego se selló toda la superficie dentaria con una capa de adhesivo cianocrilato y dos capas de esmalte de uñas de manera de dejar libre sólo las restauraciones y un margen de 1 mm. alrededor de ellas. Posteriormente se cubrió la misma zona con acrílico de autopolimerización.³⁹

Las muestras se guardaron en un frasco debidamente rotulado en una estufa de control de humedad y temperatura, con 100% de humedad ambiental y a 37°C durante 48 horas. Pasado este tiempo las muestras fueron sometidas a un tratamiento de termociclado, el cual consistió en 100 ciclos entre 3°C y 60°C , manteniéndose los

especímenes 30 segundos en cada baño térmico y atemperándose a 23°C durante 15 segundos antes de cambiar de un baño a otro. El baño térmico se realizó en una solución acuosa de azul de metileno al 1%, el cual sirvió como indicador de la microfiltración en la interfase diente-restauración. Una vez terminado el proceso las muestras se lavaron con un profuso chorro de agua durante 5 minutos.^{39,40}

Con un disco de carburundum y un micromotor se realizaron cortes transversales a las coronas pasando por la parte media de las restauraciones indirectas de los dos grupos, de tal manera de poder medir el grado de microfiltración (Fig. 4). El corte se realizó de forma intermitente para disipar el calor producido.

Fig.4 Muestra con corte transversal realizado

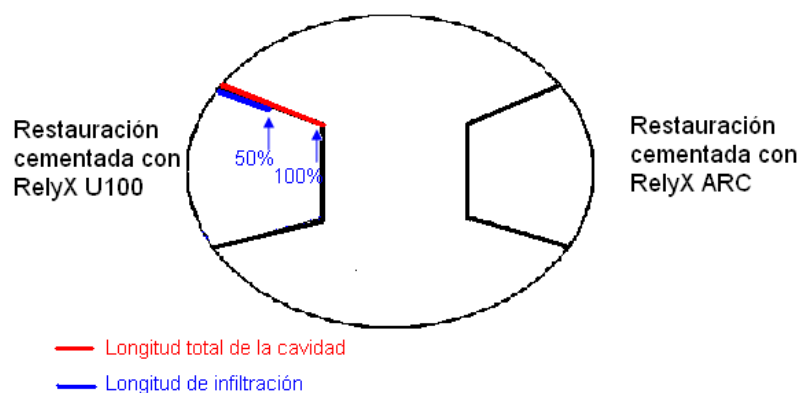


Las muestras fueron enumeradas del 1 al 20 y fueron observadas por un operador entrenado en un microscopio estereoscópico óptico con aumento de 10x, con lente graduado (Fig. 5). Se midió la distancia que el colorante recorrió en la interfase, en la pared donde se observó mayor penetración del colorante (Fig. 6). Con dicha distancia se calculó el porcentaje de infiltración en relación a la longitud total de la cavidad hasta la pared axial. Los resultados obtenidos fueron tabulados y se sometieron a Test T no pareado para determinar si existe diferencia significativa entre los dos grupos, considerándose como significativa si $p < 0,05$.^{39,40}

Fig. 5 Vista del lente graduado del microscopio



Fig. 6 Esquema de la medición del porcentaje de infiltración de las restauraciones



RESULTADOS

Los valores obtenidos fueron tabulados para facilitar su comprensión y se muestran en la Tabla I.

TABLA I
PORCENTAJES DE INFILTRACIÓN

| Nº muestra | RelyX ARC | RelyX U100 |
|-------------------|------------------|-------------------|
| 1 | 26,32 | 27,50 |
| 2 | 31,11 | 11,11 |
| 3 | 18,03 | 25,00 |
| 4 | 20,00 | 30,00 |
| 5 | 20,00 | 26,00 |
| 6 | 15,22 | 29,27 |
| 7 | 12,82 | 13,73 |
| 8 | 22,92 | 47,06 |
| 9 | 21,95 | 11,43 |
| 10 | 14,58 | 47,37 |
| 11 | 16,00 | 24,49 |
| 12 | 12,77 | 27,66 |
| 13 | 33,33 | 35,56 |
| 14 | 19,05 | 27,27 |
| 15 | 29,17 | 24,44 |
| 16 | 8,62 | 11,11 |
| 17 | 26,79 | 16,28 |
| 18 | 14,29 | 24,14 |
| 19 | 26,19 | 18,75 |
| 20 | 11,11 | 14,89 |
| Promedio | 20,013 | 24,653 |

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

GRÁFICO N° 1

PORCENTAJE DE INFILTRACIÓN SEGÚN CEMENTO UTILIZADO

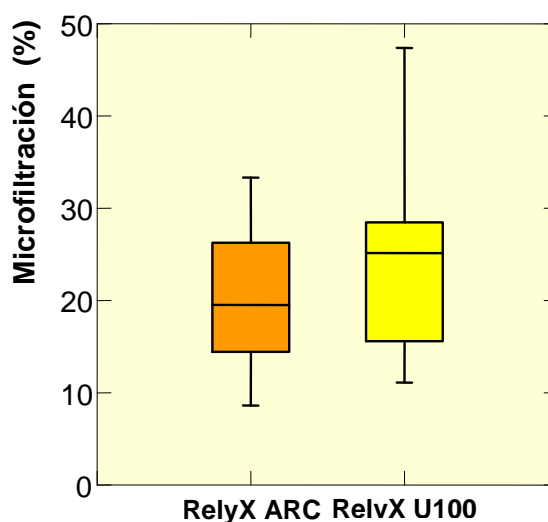


Gráfico N°1, las cajas representan la dispersión de los datos entre el primer y el tercer cuartil, indicando el rango en el que se concentra el 50% central de los datos. La línea central horizontal representa la mediana y las líneas verticales se extienden hasta los valores mínimos y máximos obtenidos.

El gráfico N°1 muestra que las restauraciones cementadas con RelyX ARC luego de ser sometidas a termociclado presentaron infiltraciones entre 8,62 y 33,33%, mientras que las cementadas con RelyX U100 obtuvieron valores de microfiltración entre 11,11 y 47,37%.

TABLA II
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA MUESTRA

| GRUPO | Nº DE MUESTRAS | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR |
|-------------------|-----------------------|-----------------|----------------------------|
| RelyX ARC | 20 | 20,013 | 7,033 |
| RelyX U100 | 20 | 24,653 | 10,449 |

La tabla II muestra un promedio de infiltración en las restauraciones cementadas con RelyX ARC de 20,013% con una desviación estándar de 7,033% y un promedio de 24,653% para las cementadas con RelyX U100 con una desviación estándar de 10,449%.

TABLA III
ANÁLISIS CON TEST T NO PAREADO

| Test estadístico | Valor t | GL | Valor p |
|-------------------------|----------------|-----------|----------------|
| Test T | 1,647 | 38 | 0,108 |

*p<0,05 indica una diferencia estadísticamente significativa

La tabla III muestra los valores obtenidos al someter los resultados a Test T no pareado. Se encontró un valor de $p=0,108$, que al ser mayor a 0,05 indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos experimentales.

DISCUSIÓN

La microfiltración es el paso de bacterias, fluidos, moléculas o iones entre la cavidad y el material de restauración aplicado, que no se puede detectar clínicamente.^{42,43} Es considerada un factor importante en la longevidad de una restauración y puede llevar a una degradación marginal, caries recidivante, sensibilidad postoperatoria, hipersensibilidad e incluso patologías pulpares.

Al analizar los resultados se observa que ninguno de los dos cementos eliminó completamente la microfiltración, esto es esperable ya ambos son materiales en base a resinas compuestas, las cuales presentan características inherentes a ellas, como la contracción por polimerización, diferencias con el coeficiente de expansión térmico del diente, diferencias en la calidad de la capa híbrida, técnica de inserción y el factor c de la cavidad.⁴⁴ Además fueron sometidos a termociclado, la cual es una técnica usada ampliamente como método artificial de envejecimiento⁴³, que imita los cambios térmicos que se producen en el ambiente bucal.^{32,44}

Las restauraciones cementadas con el cemento RelyX ARC al ser comparadas con el cemento RelyX U100 presentaron un menor porcentaje de microfiltración marginal promedio, pero esta diferencia no fue estadísticamente significativa. Existen algunas investigaciones con RelyX Unicem que han obtenido resultados similares a los encontrados en este trabajo. Rosentritt *et al.* obtuvieron valores de penetración de tinte

en la interfase cemento-diente (tanto en esmalte como en dentina) similares entre el cemento RelyX Unicem y otros cementos de resina con sistemas adhesivos de grabado y enjuague de tres pasos y autograbante de un paso, mostrando además una integridad marginal comparable a estos cementos.⁴⁵ Ibarra y cols. observaron valores de microfiltración similares entre el cemento RelyX Unicem con cementos de resina compuesta con sistemas adhesivos de grabado y enjuague de dos pasos, pero sólo al evaluar su desempeño en dentina.³⁷ Lo que concuerda con lo encontrado por Hikita y cols., donde en dentina se encontraron valores de fuerza de unión similares entre el cemento RelyX Unicem y un cemento de resina compuesta con sistema adhesivo autograbante de un paso.³

Estos resultados se podrían deber a que si bien estos cementos presentan distintos mecanismos de adhesión, componentes y manipulación, son capaces de generar un sellado marginal similar, ya sea a través de la infiltración del sistema adhesivo en las irregularidades producidas por el grabado ácido en el caso del RelyX ARC o a través de la adhesión micromecánica y química que tendría, según el fabricante, el cemento RelyX U100, y que a su vez este sello se comporte de manera similar al ser sometido a termociclado. El comportamiento similar frente a los cambios de temperatura se puede explicar por el hecho de que ambos son cementos microhíbridos con un alto porcentaje de relleno, lo que les permite disminuir el grado de contracción de polimerización y su coeficiente de expansión térmico.

El mecanismo de adhesión entre este nuevo cemento y la estructura dentaria debe ser investigado con mayor profundidad. Por el momento se asume una reacción entre la apatita de la superficie dentaria con los grupos de ácido fosfórico del metacrilato, presentes en la formulación del cemento. Esto permite según el fabricante desmineralizar la superficie dentaria y penetrar dentro de ella. Una vez polimerizado se logra retención micromecánica. Además se menciona una adhesión química a través de una reacción ácido base entre la apatita y los grupos de ácido fosfórico.

Otros estudios han encontrado diferencias en el sellado marginal obtenido con cementos autoadhesivos y cementos con sistemas adhesivos. En el estudio de Ibarra y cols. los valores de microfiltración en esmalte para RelyX Unicem fueron significativamente mayores a los encontrados en un cemento con sistema adhesivo de grabado y enjuague de dos pasos, después de ser sometido a termociclado.³⁷ Esto coincide en cierta manera con los resultados obtenidos en el presente estudio, ya que si bien la diferencia no fue estadísticamente significativa, sí hubo un promedio de microfiltración mayor en el cemento autoadhesivo RelyX U100 al compararlo con un cemento con sistema adhesivo de grabado y enjuague de dos pasos. Esta diferencia en los resultados obtenidos se puede deber a la menor cantidad de ciclos de termociclado a los que se sometieron las restauraciones (100 ciclos) en comparación a los 2000 ciclos del estudio de Ibarra, lo que podría indicar que si se sometiera a una mayor cantidad de ciclos la diferencia entre los dos tipos de cementos se haría más significativa. Esto concordaría con lo observado al microscopio electrónico de

transmisión por De Munck y cols., quienes al visualizar la interfase diente-cemento notaron que el cemento RelyX Unicem sólo interactúa superficialmente con el esmalte y la dentina, observándose ausencia de capa híbrida o tapones de resina.³⁶ La limitada retención micromecánica resultante podría ser responsable de la relativa baja fuerza de unión encontrada por algunos estudios entre el esmalte y el cemento, la que se ve aumentada al realizar grabado ácido previo en esmalte³, teniendo esto en cuenta, es esperable que estos cementos presenten en esmalte una mayor microfiltración que los cementos de resina compuesta con sistema de grabado y enjuague, los cuales han comprobado su capacidad para obtener una buena retención a través de la formación de la capa híbrida.

También existen otros estudios que encontraron diferencias en el sellado marginal obtenido entre cementos autoadhesivos y cementos con sistemas adhesivos, pero siendo esta diferencia favorable para los cementos autoadhesivos. Behr y cols. observaron una microfiltración significativamente menor en dentina para el cemento RelyX Unicem al compararlo con un cemento con sistema adhesivo de grabado y enjuague de tres pasos.⁹ La diferencia con los resultados de nuestro trabajo se pueden deber a que el margen cavosuperficial de las restauraciones hechas por Behr y cols. se encontraban en dentina a diferencia de nuestro trabajo donde este margen se encontraba en esmalte, esta diferencia es relevante debido a las distintas características de ambos sustratos. Existen otros estudios donde se han encontrado valores de microfiltración más favorables tanto en esmalte como en dentina para el

cemento RelyX Unicem. En el estudio hecho por Piwowarczyk y cols. los valores de microfiltración de RelyX Unicem fueron menores al compararlo con un cemento de grabado y enjuague de dos pasos.¹⁰ Estos resultados se pueden explicar por la menor cantidad de pasos que se necesitan para realizar una cementación con un agente autoadhesivo, a diferencia de un cemento de grabado y enjuague donde al haber una mayor cantidad de pasos son mayores las posibilidades de error.⁴⁶ La diferencia de estos resultados con los encontrados en nuestro estudio se pueden deber a que en la investigación realizada por Piwowarczyk y cols. se utilizó el cemento RelyX Unicem, el cual corresponde a la versión en cápsulas del cemento RelyX U100 utilizado en el presente trabajo, que se presenta en forma de dos pastas con un dispensador. Ambos productos son básicamente iguales, la diferencia está en su modo de presentación. La entrega a través de cápsulas del cemento RelyX Unicem podría mejorar los resultados, debido a la mayor homogeneidad y menor posibilidad de incorporar aire⁴⁷, lo que podría ser la razón de los resultados más favorables para el cemento autoadhesivo en este caso.

La disparidad de resultados encontrados se puede deber a las distintas metodologías ocupadas para medir la capacidad de sellado marginal. Las diferencias van desde la cantidad de ciclos del termociclado, la adición de ciclos de carga mecánica, tiempo de almacenamiento en agua, distintos tipos de tintes y distintas concentraciones de él, distinta metodología para medir microfiltración, distintas preparaciones para restauraciones, material de restauración, etc.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, podemos concluir que:

1. Ninguno de los dos cementos de resina compuesta en estudio, es decir, RelyX U100 (3M-ESPE) y RelyX ARC (3M-ESPE), eliminó totalmente la microfiltración.
2. Las restauraciones de resina compuesta indirecta realizadas con el cemento de resina compuesta con sistema adhesivo de grabado y enjuague RelyX ARC, presentaron el menor porcentaje de infiltración marginal promedio.
3. Aunque hubo diferencias en el grado de microfiltración entre los dos grupos, estas no fueron estadísticamente significativas
4. En definitiva y conforme a los resultados obtenidos en este estudio, por este método se acepta la hipótesis planteada "No existen diferencias significativas en el grado de sellado marginal obtenido en restauraciones indirectas de resina compuesta cementadas con un cemento autoadhesivo y un cemento con sistema adhesivo de grabado y enjuague"

SUGERENCIAS

-Realizar estudios *in vitro* de otras propiedades, como fuerza de adhesión a dentina y esmalte, de los cementos autoadhesivos comparados con los cementos con sistemas adhesivos.

-Realizar otros estudios *in vitro* de sellado marginal que comparen cementos autoadhesivos con cementos con sistema adhesivo, pero diferenciando esmalte de dentina.

-Realizar estudios del comportamiento de las restauraciones indirectas cementadas con cementos autoadhesivos *in vivo* y compararlos con los obtenidos *in vitro*.

-Evaluar *in vivo* el comportamiento a largo plazo de las restauraciones indirectas cementadas con cementos autoadhesivos y compararlo con restauraciones indirectas cementadas con cementos con sistemas adhesivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BADER M. Prólogo. En: Astorga C. y cols. Texto de Biomateriales Odontológicos, Tomo I: Propiedades Generales Materiales Cerámicos, 1ª Edición, Facultad de Odontología. Universidad de Chile. Chile; 2004. 194 p., pp. ix.
2. LEINFELDER KF. New developments in resin restorative systems. J Am Dent Assoc 1997; 128(5):573-581.
3. HIKITA K, VAN MEERBEEK B, DE MUNCK J, IKEDA T, VAN LANDUYT K, MAIDA T, LAMBRECHTS P, PEUMANS M. Bonding effectiveness of adhesive luting agents to enamel and dentin. Dent Mater 2007; 23(1):71-80.
4. ADA COUNCIL ON SCIENTIFIC AFFAIRS. Direct and indirect restorative materials. J Am Dent Assoc 2003; 134(4):463-472.
5. WEINER RS. Dental cements: a review and update. Gen Dent. 2007; 55(4):357-364.
6. DIAZ-HARNOLD AM, VARGAS MA, HASELTON DR. Current status of luting agents for fixed prosthodontics. J Prosthet Dent 1999; 81(2):135-41.

7. GOMES J. La adhesión en protodoncia fija. En: Henostroza G. y cols. Adhesión en Odontología Restauradora. 1ª Edición. Editora Maio. Brasil. 2003. 454 p., pp. 368-369
8. PEUMANS M, KANUMILLI P, DE MUNCK J, VAN LANDUYT K, LAMBRECHTS P, VAN MEERBEEK B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. Dent Mater 2005; 21(9):864-881.
9. BEHR M, ROSENTRITT M, REGNET T, LANG R, HANDEL G. Marginal adaptation in dentin of a self-adhesive universal resin cement compared with well-tried system. Dent Mater 2004; 20(2):191-197.
10. PIWOWARCZYK A, LAUER HC, SORENSEN JA. Microleakage of various cementing agents for full cast crowns. Dent Mater 2005; 21(5):445-453.
11. EHRMANTRAUT M, BADER M, BAEZA R, ASTORGA C. Generalidades sobre cementos odontológicos. En: Astorga C. y cols. Texto de Biomateriales Odontológicos, Tomo I: Propiedades Generales Materiales Cerámicos, 1ª Edición, Facultad de Odontología. Universidad de Chile. Chile; 2004. 194 p., pp. 143-152.
12. JONES DW. Dental cements: an update. J Can Dent Assoc 1998; 64(8):569-570.
13. ROSENSTIEL SF, LAND MF, CRISPIN BJ. Dental luting agents: A review of the

current literature. J Prosthet Dent 1998; 80(3):280-301.

14. ATTAR N, TAM LE, MCCOMBS D. Mechanical and physical properties of contemporary dental luting agents. J Prosthet Dent 2003; 89(2):127-134.

15. ASTORGA C, BADER M, EHRMANTRAUT M. Cementos de fosfato de zinc. En: Astorga C. y cols. Texto de Biomateriales Odontológicos, Tomo I: Propiedades Generales Materiales Cerámicos, 1ª Edición, Facultad de Odontología. Universidad de Chile. Chile; 2004. 194 p., pp. 171-177.

16. ASTORGA C, BADER M. Cementos polialquenoicos. En: Astorga C. y cols. Texto de Biomateriales Odontológicos, Tomo I: Propiedades Generales Materiales Cerámicos, 1ª Edición, Facultad de Odontología. Universidad de Chile. Chile; 2004. 194 p., pp. 179-192.

17. CARRILLO SC. Actualización sobre los cementos de ionómero de vidrio, 30 años (1969-1999), Rev ADM 2000; 57(2):65-71.

18. DE LA MACORRA JC. Nuevos materiales a base de vidrio ionómero: vidrios ionómeros híbridos y resinas compuestas modificadas. Rev Eur Odont 1995; 7(5):259-272.

19. WEINER R. Liners, bases, and cements in clinical dentistry A review and update. *Dent Today* 2003; 22(8):88-93.
20. TERRY DA. Selecting a luting cement: Part II. *Pract Proced Aesthet Dent* 2005, 17(1):28-31.
21. DE LA MACORRA JC. La contracción de polimerización de los materiales restauradores a base de resinas compuestas. *Odont Cons* 1999; 2(1):24-35.
22. HERVÁS A, MARTÍNEZ MA, CABANES J, BARJAU A, FOS P. Resinas compuestas: Revisión de los materiales e indicaciones clínicas. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2006; 11(2):215-220.
23. ELLAKWA A, CHO N, LEE IB. The effect of resin matrix composition on the polymerization shrinkage and rheological properties of experimental dental composites. *Dent Mater* 2007; 23(10):1229-1235.
24. FORTIN D, VARGAS MA. The spectrum of composites: new techniques and materials. *J Am Dent Assoc* 2000; 131 Suppl: 26S-30S.
25. ANUSAVICE KJ. *Ciencia de los Materiales Dentales*. 10ª Edición. McGraw-Hill Interamericana. 1996. México. 746 p. Cap 12. 284-294.

26. ALVIM HH, ALECIO AC, VASCONCELLOS WA, FURLAN M, DE OLIVEIRA JE, SAAD JR. Analysis of camphorquinone in composite resins as a function of shade. *Dent Mater* 2007; 23(10):1245-1249.
27. HENOSTROZA G. Perspectiva histórica. En: Henostroza G. y cols. *Adhesión en Odontología Restauradora*. 1ª Edición. Editora Maio. Brasil. 2003. 454 p., pp. 14-19.
28. SENSAT ML, BRACKETT WW, MEINBERG TA, BEATTY MW. Clinical evaluation of two adhesive composite cements for the suppression of dentinal cold sensitivity. *J Prosthet Dent* 2002; 88(1):50-53.
29. EL ZHAIRY AA, DE GEE AJ, MOHSEN MM, FEILZER AJ. Effect of conditioning time of self-etching primers on dentin bond strength of three adhesive resin cements. *Dent Mater* 2005; 21(2):83-93.
30. BARRANCOS P. Manipulación y comportamiento de los composites. En: *Operatoria Dental, Integración Clínica*. Barrancos J, Barrancos P. 4ª Edición. Editorial Médica Panamericana. Argentina. 2006. 1306 p. Cap. 38. 778-780.
31. CARRILLO SC. Dentina y adhesivos dentinarios: conceptos actuales. *Rev ADM* 2006; 63(2):45-51.

32. CARVALHO RM, PEGORARO TA, TAY FR, PEGORARO LF, SILVA NR, PASHLEY DH. Adhesive permeability affects coupling of resin cements that utilise self-etching primers to dentine. *J Dent* 2004; 32(1):55-65.
33. 3M ESPE. RelyX Unicem Aplicap/Maxicap Cemento definitivo de composite universal autoadhesivo, Información de uso. 3M ESPE AG, Dental products, D-82229 Seefeld, Germany.
34. WALTER R. Critical appraisal: dental cements. *J Esthet Restor Dent* 2007; 19(4):227-232.
35. GERTH HU, DAMMASCHKE T, ZÜCHNER H, SCHÄFER E. Chemical analysis and bonding reaction of RelyX Unicem and Bifix composites - A comparative study. *Dent Mater* 2006; 22(10):934-941.
36. DE MUNCK, VARGAS M, VAN LANDUYT K, HIKITA K, LAMBRECHTS P, VAN MEERBEEK B. Bonding of an auto-adhesive luting material to enamel and dentin. *Dent Mater* 2004; 20(10):963-971.
37. IBARRA G, JOHNSON GH, GEURTSSEN W, VARGAS MA. Microleakage of porcelain veneer restorations bonded to enamel and dentin with a new self-adhesive

resin based dental cement. Dent Mater 2007; 23(2):218-225.

38. DE SOUZA COSTA CA, HEBLING J, RANDALL RC. Human pulp response to resin cements used to bond inlay restorations. Dent Mater 2006; 22(10):954-962.

39. CORREA C, CONTRERAS G, BADER M. Estudio comparativo in-vitro de la filtración marginal de restauraciones de amalgama con tres sistemas de adhesión diferentes. Rev Fac Odont Univ Chile 2002; 20(2): 9-21.

40. FIGUEROA K, SEGUER B, BADER M, EHRMANTRAUT M. Influencia del eugenol en la microfiltración de restauraciones de resinas compuestas. Rev Fac Odont Univ Chile 2003; 21(1):52-58.

41. 3M ESPE. 3M RelyX ARC Cemento de Resina Adhesivo, Perfil Técnico del Producto, Cementación de Inlay/Onlays, p.25, 3M Dental Products Laboratory, 3M Center, St. Paul, MN 55144-1000.

42. NUNES M, FRANCO E, PEREIRA J. Marginal Microleakage: Critical analysis of methodology. Salusvita 2005; 24(3):487-502.

43.. DE MUNCK J, VAN LANDUYT K, PEUMANS M, POITEVIN A, LAMBRECHTS P, BRAEM M, VAN MEERBEEK B. A critical review of the durability of adhesion to tooth

tissue: methods and results. *J Dent Res* 2005; 84(2):118-132.

44. YAVUZ I, AYDIN AH. New method for measurement of surface areas of microleakage at the primary teeth by biomolecule characteristics of methylene blue. *Biotechnol & Biotechnol Eq* 2005; 19(1):181-187.

45. ROSENTRITT M, BEHR M, LANG R, HANDEL G. Influence of cement type on the marginal adaptation of all-ceramic MOD inlays. *Dent Mater* 2004; 20(5):463-469.

46. FRANKENBERGER R, KRÄMER N, PETSCHOLT A. Technique Sensitivity of dentin bonding: effect of application mistakes on bond strength and marginal adaptation. *Oper Dent* 2000; 25(4):324-330.

47. MITCHELL CA, DOUGLAS WH. Comparison of the porosity of hand-mixed and capsulated glass-ionomer luting cements. *Biomaterials* 1997; 18(16):1127-31.