



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGÍA RESTAURADORA
ÁREA DE BIOMATERIALES DENTALES

**ESTUDIO COMPARATIVO *EX VIVO* DE LA MICROFILTRACION MARGINAL EN
LOS MÁRGENES EN ESMALTE Y EN CEMENTO/DENTINA DE
RESTAURACIONES INDIRECTAS DE RESINA COMPUESTA CEMENTADAS
UTILIZANDO UN SISTEMA ADHESIVO DE AUTOGRABADO.**

Francisca Jesús Díaz Martínez

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

TUTOR PRINCIPAL
Prof. Dr. Manuel Ehrmantraut N.

Santiago - Chile

2013



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGÍA RESTAURADORA
ÁREA DE BIOMATERIALES DENTALES

**ESTUDIO COMPARATIVO *EX VIVO* DE LA MICROFILTRACION MARGINAL EN
LOS MÁRGENES EN ESMALTE Y EN CEMENTO/DENTINA DE
RESTAURACIONES INDIRECTAS DE RESINA COMPUESTA CEMENTADAS
UTILIZANDO UN SISTEMA ADHESIVO DE AUTOGRABADO.**

Francisca Jesús Díaz Martínez

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

TUTOR PRINCIPAL
Prof. Dr. Manuel Ehrmantraut N.

Santiago – Chile

2013

INDICE

| | |
|-----------------------|----|
| RESUMEN | 1 |
| INTRODUCCION | 3 |
| MARCO TEORICO | 8 |
| HIPOTESIS | 25 |
| OBJETIVO GENERAL | 26 |
| OBJETIVOS ESPECIFICOS | 26 |
| MATERIAL Y METODO | 27 |
| RESULTADOS | 32 |
| DISCUSION | 40 |
| CONCLUSIONES | 44 |
| BIBLIOGRAFÍA | 45 |
| ANEXO | 56 |

RESUMEN

Las restauraciones indirectas de resina compuesta se indican en situaciones clínicas en las que existe una pérdida importante de estructura coronaria de la pieza dentaria. Éstas requieren de un proceso de cementado para poder fijarse al diente. Para esto se utilizan los cementos de resina compuesta, los cuales se crearon con el propósito de mejorar algunas de las propiedades que presentaban hasta entonces los cementos, como la estabilidad del color, adhesión a diferentes sustratos, resistencia a la abrasión, espesor de película delgado, tiempo de trabajo y radiopacidad.

Los cambios generados en la odontología adhesiva con la introducción de los sistemas adhesivos de autograbado, se han orientado a simplificar los pasos operatorios, disminuyendo etapas en la técnica y a mejorar la adhesión en dentina. Pero su uso es aún controversial, ya que en la actualidad, la técnica convencional con grabado ácido total continúa siendo el *gold standard* de adhesión para muchos autores.

En virtud de lo anterior, se realizó un estudio comparativo *in vitro* propuesto por la cátedra de Biomateriales Odontológicos, para evaluar la microfiltración marginal en restauraciones indirectas de resina compuesta con márgenes en esmalte y en cemento/dentina utilizando sistemas adhesivos de autograbado para su cementación.

Para ello se utilizaron 30 molares humanos recientemente extraídos, sanos, a los que se le efectuaron 2 preparaciones cavitarias, una en esmalte y otra en el límite amelocementario (en vestibular y palatino/lingual). Estas fueron obturadas con restauraciones indirectas, efectuadas en cada cavidad con aislante para acrílico. Luego, para la cementación, se utilizó adhesivo de autograbado y cemento de resina.

Una vez cementadas las restauraciones fueron sometidas a un proceso de termociclado. Más tarde, se midió el grado de microfiltración obtenido de acuerdo

al porcentaje de penetración del colorante a través de la interfase diente-restauración en los márgenes.

Los resultados obtenidos fueron sometidos a análisis estadístico descriptivo y análisis inferencial, para verificar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los grupos estudiados. En todos los test realizados se utilizó un nivel de significancia de $\alpha=0.05$.

Finalmente se concluye que la diferencia de microfiltración marginal entre ambos segmentos del diente es estadísticamente significativa, siendo mayor en esmalte que en cemento/dentina.

INTRODUCCION

La falta de salud de los tejidos mineralizados del diente (esmalte, dentina y cemento) puede estar causada por falta de sustancia (falta de formación por problemas generalmente de origen embriológico), o pérdida de sustancia por procesos infecciosos (caries) o no infecciosos (calcificación deficiente o pigmentación irreversible)⁽¹⁾.

La caries dental es una de las enfermedades de mayor prevalencia entre la población escolar en el mundo occidental, pudiendo incluso considerarse una pandemia mundial. Es una enfermedad microbiana que afecta a los tejidos calcificados del diente, de etiología multifactorial en la que se engloban una biopelícula bacteriana acidógena, saliva, dieta y ultraestructura del tejido duro⁽²⁾, estos factores producen la destrucción localizada del tejido debido al ataque de subproductos ácidos procedentes de la fermentación bacteriana de los hidratos de carbono alimenticios⁽³⁾.

Cuando se produce un desequilibrio entre el proceso de desmineralización-rem mineralización, y la balanza se inclina a la desmineralización se produce la lesión de caries, que lleva como consecuencia la cavitación del diente. Es aquí donde interviene la odontología restauradora, la cual se encarga de reemplazar la estructura dentaria perdida con materiales que restauren función y apariencia. Cada uno de los materiales posee cualidades que lo ajustan más a ciertas restauraciones y la selección de este debe hacerse antes de la preparación dentaria⁽⁴⁾. La evaluación de la forma y anatomía, la relación con los dientes vecinos, los tejidos periodontales y el sector de la boca donde se encuentre la cavidad, conducen a la selección del material restaurador a nivel **funcional**. Por otro lado la morfología de los dientes naturales, la opacidad y la translucidez lo hacen a nivel **estético**.

La necesidad de materiales restauradores que tengan la apariencia de dientes naturales, particularmente en la porción anterior de la boca ha llevado a desarrollar restauraciones estéticas.

Las resinas compuestas surgieron en el inicio de los años sesenta como resultado de numerosas tentativas para obtener un material restaurador estético superior a los materiales hasta entonces existentes, como las resinas acrílicas y los cementos de silicato⁽⁵⁾. Hoy en día son utilizadas en casi todas las áreas de la odontología, a saber, la restauración de defectos dentarios producidos por caries, erosiones, fracturas, en el cementado adhesivo de restauraciones estéticas parciales o totales, bien sean de porcelana o de resina, en el cementado adhesivo de estructuras metálicas protésicas y en el de los brackets ortodóncicos, entre otros⁽⁶⁾.

Estas resinas compuestas se encuentran formadas por una matriz orgánica, un relleno inorgánico y un agente bifuncional que mantiene la integridad del material. El gran inconveniente de las resinas es la contracción volumétrica que sufren, la cual depende solamente de la matriz orgánica y que oscila entre el 1,35 y el 7,1% y es, en definitiva, lo que produce los fallos adhesivos⁽⁷⁾.

En situaciones donde existe un mayor grado de destrucción dentaria o compromiso de contorno proximal, las restauraciones indirectas de resina compuesta son las indicadas para realizar una apropiada reconstrucción dentaria. Su utilización mediante el método indirecto logra compensar ciertas limitaciones atribuidas a la técnica directa, como es la mencionada contracción de polimerización. Esto se explica, porque dicha contracción ocurre, al ser polimerizadas en el laboratorio, fuera de boca, es decir, antes de su inserción en la preparación dentaria y, por lo tanto, existe un mejor control de la técnica restauradora. Es por esto, que la única contracción que ocurre en boca, corresponde a la fina capa de agente cementante, mejorando de esta manera la adaptación y el sellado marginal. Además mejoran el contorno y pulido de la restauración⁽⁸⁾.

Toda restauración indirecta dependerá entonces de ciertos artificios para lograr una adhesión segura sobre el diente preparado. Para ello se han utilizado diversos agentes cementantes, capaces de brindar dicha fijación⁽⁹⁾, dentro de los cuales podemos distinguir a los cementos convencionales, como el fosfato de zinc, el policarboxilato y el vidrio ionómero, que se caracterizan por ser de manejo

simple y no depender de pasos previos a su aplicación. Estos presentan desventajas; como lo es la solubilidad en el medio oral, propiedades mecánicas no óptimas y estética deficiente⁽¹⁰⁾. Los cementos basados en resina compuesta proporcionan grandes mejorías a las desventajas que poseen los cementos convencionales, ya que poseen buenas propiedades mecánicas, estética favorable y capacidad de unión a diferentes sustratos^(10,11).

Sin embargo, una de las grandes dificultades relacionadas con el uso de cementos de resina reside en la complejidad de la técnica adhesiva, debido a los múltiples pasos que se deben realizar previo a la cementación de la restauración^(12,13). La adhesión permite integrar las incrustaciones de resina compuesta a los tejidos dentarios, de esta manera, el complejo diente-restauración se comporta como una sola estructura, devolviéndole a la pieza dentaria la resistencia perdida⁽¹⁾. Este sistema de adhesión a los tejidos dentarios consta de tres pasos mediatizados cada uno por tres tipos de materiales, los cuales son: el grabado con ácido, el imprimador o “primer” y la resina adhesiva. Estos tres pasos no necesariamente se realizan de forma secuencial, algunas de las funciones se pueden combinar en forma de *primers* autograbadores y *primers* adhesivos o adhesivos autograbantes, este último combina los tres pasos antes mencionados⁽⁵⁾.

Al hablar de adhesión a la estructura dentaria, debemos diferenciar el mecanismo de acción tanto en esmalte como en dentina. En este contexto, tenemos que en esmalte, el grabado ácido debido a la desmineralización que produce, genera un área microporosa. Sobre esta superficie grabada se aplica una resina fluida, de similar composición al material restaurador pero que no posee relleno, por lo que penetra y una vez polimerizado genera una trabazón micromecánica⁽¹⁴⁾.

Por otro lado, en dentina el proceso es algo diferente y más complejo, ya que a diferencia del esmalte que posee un alto contenido mineral (94%), la dentina posee mayor componente acuoso y proteico, además de contener a la red de túbulos dentinarios. Al realizar el grabado ácido de la dentina, los túbulos dentinarios se ensanchan y se exponen las fibras de colágeno, ya que los cristales

que las mantenían sin colapsar son eliminados y estas fibras quedan sin soporte, es por esto que la dentina luego de ser grabada debe mantenerse húmeda para evitar el colapso de las fibras y permitir así la infiltración del adhesivo. La presencia de estos túbulos ensanchados, facilita la penetración del ácido y algún grado de agresión biológica a la pulpa si no se realiza de forma controlada⁽¹⁵⁾. El segundo paso en dentina, es la imprimación con una resina hidrofílica que humedece la superficie de la dentina y provee unión química a la resina utilizada en el tercer paso. El adhesivo como resina hidrofóbica sería el tercer elemento para completar la adhesión a dentina⁽¹⁶⁾.

Como se menciona anteriormente, los sistemas adhesivos pueden combinar los tres pasos en uno solo, dando lugar a los sistemas autoadhesivos. Éstos presentan un mecanismo de acción que no está completamente estudiado ni esclarecido, pero se ha sugerido que la porción ácida de la molécula y el terminal fosfórico desmineralizarían la hidroxiapatita, mientras que el componente metacrilato (monómero) permanece disponible para la polimerización⁽¹⁷⁾. Los sistemas autoadhesivos tienen la ventaja de disminuir el tiempo de trabajo clínico, ya que tienen menos pasos y además no requieren lavado, lo que elimina la necesidad de juicio clínico acerca de la humedad residual de la dentina⁽¹⁸⁾. Además, la profundidad de desmineralización es igual que la zona en que difunde la resina, por lo tanto, no queda un sector de fibras colágenas sin impregnarse de polímeros, como sucede en los sistemas adhesivos de tres pasos⁽¹⁶⁾.

El problema que se presenta habitualmente en las restauraciones es la falta de sellado marginal, lo que provoca microfiltración marginal, ésta se define como el pasaje clínicamente indetectable de bacterias, fluidos, moléculas y/o iones entre paredes cavitarias y el material de restauración utilizado. La microfiltración puede traer consecuencias tales como; hipersensibilidad dentaria, caries adyacente a la restauración, irritación pulpar y deterioro del material de restauración utilizado⁽¹⁹⁾.

Actualmente existe gran controversia en cuanto al sellado marginal que proporcionan los sistemas adhesivos de autograbado, considerado por algunos como menos eficaces⁽²⁰⁾ y por otros como igual de eficaces que los sistemas convencionales con grabado ácido total⁽²¹⁾. Además diversos estudios demuestran

que al utilizar los sistemas de autograbado a nivel de dentina es eficaz, pero ocurre lo contrario a nivel de esmalte⁽²²⁾.

En virtud de lo anterior, el propósito de este estudio, es medir la microfiltración en restauraciones indirectas de resina compuesta cementadas con cementos de resina, utilizando sistemas adhesivos de autograbado, tanto a nivel de esmalte como a nivel del límite amelocementario y compararlos.

MARCO TEORICO

La caries dental es una enfermedad infecciosa crónica y compleja que involucra la interacción en el tiempo de una superficie dental susceptible, bacterias cariogénicas y la disponibilidad de una fuente de carbohidratos fermentables, especialmente sacarosa. La fermentación bacteriana de estos carbohidratos produce ácidos que disuelven la matriz mineral del diente. La primera manifestación clínica de la enfermedad es una mancha blanco-tiza reversible, la cual puede llevar a una cavitación si el mineral continúa siendo expuesto al ácido⁽²³⁾.

Las lesiones de caries (cavitación) son el signo final de la enfermedad, resultado de acciones metabólicas pasadas realizadas por la placa bacteriana. La prevención es el método principal para evitar la instalación y progresión de la lesión cariosa, pero cuando ésta se vuelve irreversible la solución es la remoción del tejido dañado y su posterior rehabilitación. En la actualidad, se sabe que el tratamiento restaurador de estas lesiones no mejora la salud bucal de las personas, sino que sólo limita el daño de la enfermedad. Es el control de los factores etiológicos el verdadero tratamiento⁽²⁴⁾.

Una restauración es una reconstrucción de una porción de diente destruida, fracturada, desgastada o afectada irreversiblemente por patología, previa preparación dentaria apropiada. Tiene como objetivo detener la progresión de la enfermedad cariosa y evitar que siga la destrucción del diente hasta su definitiva pérdida y devolverle al diente su forma natural (anatómica), su función y, si es posible, su estética, mediante el reemplazo de los tejidos perdidos o enfermos e irrecuperables, por materiales aloplásticos (artificiales) adecuados, ya que el diente es incapaz de formar de nuevo sus tejidos duros destruidos⁽²⁵⁾.

Hoy en día, el concepto de estética debe ser incorporado en la práctica diaria para obtener una restauración que llene los requisitos del paciente y del odontólogo. Es así como en las últimas décadas han tomado especial importancia

los materiales estéticos, siendo ésta siempre la primera preocupación del paciente. Los materiales son considerados estéticos cuando sus propiedades ópticas (color, translucidez y textura) armonizan con las características ópticas de la estructura dentaria^(5,25).

Dentro de los biomateriales odontológicos estéticos de restauración directa se han desarrollado 4 tipos a lo largo de la historia, estos son: cementos de silicato, resinas acrílicas de polimetilmetacrilato, cementos de ionómero vítreo y resinas compuestas⁽²⁶⁾, siendo estas últimas las más utilizadas actualmente. Éstas fueron introducidas en el campo de la odontología conservadora para minimizar los defectos de las resinas acrílicas, las que presentan baja resistencia al desgaste y contracción de polimerización muy elevada. A su vez las resinas acrílicas habían reemplazado en 1940 a los cementos de silicato por presentar gran desgaste al poco tiempo de ser colocadas^(27,28).

Resinas Compuestas o Composites

Según Anusavice, los materiales compuestos son combinaciones tridimensionales de dos o más materiales químicamente distintos, con una interfase distinta, obteniéndose propiedades superiores a las que presentan sus constituyentes de manera individual⁽²⁶⁾.

En el año 1962, Ray L. Bowen desarrolló un tipo de resina compuesta formada por el monómero de Bisfenol A Glicidil Metacrilato (Bis-GMA) como matriz y partículas de relleno de material inorgánico, a esto le sumó un agente de acoplamiento o silano entre ambos⁽²⁹⁾.

Composición de las resinas compuestas:

- Matriz orgánica: compuesta por un sistema de monómeros mono, di- o tri-funcionales. El monómero más utilizado en la fabricación de los composites actuales es el Bis GMA, solo o asociado al dimetacrilato de uretano (UDMA), pero su alto peso molecular hace que posea gran viscosidad, por

lo tanto se asocia comúnmente con monómeros de baja viscosidad como el trietilenglicol dimetacrilato (TEGMA) u otros^(30,31). La molécula de Bis-GMA posee tres zonas: una central que le confiere la rigidez a la resina, dos áreas a lo largo de la cadena que le proporcionan la viscosidad y los extremos que le permiten establecer la reacción de polimerización, para así conseguir la reticulación de dicho polímero⁽²⁹⁾.

- Relleno inorgánico o fase dispersa: compuesta por material inorgánico, principalmente cuarzo, vidrio o partículas de sílice. Se presentan en tamaños que varían entre los 0,04 a 1 μm .⁽²⁶⁾
- Agente de unión u órgano-silano: ésta es una molécula bifuncional, con grupos silanos (Si- OH) en un extremo y grupos metacrilato con carbonos (C=C) en el otro, lo cual permite la formación de una unión fuerte entre el relleno inorgánico y la matriz orgánica. Debido a que la mayoría de las resinas compuestas disponibles tienen relleno basado en sílice, el agente de acoplamiento más utilizado es el silano^(29,32). Esta molécula va a establecer una transferencia de tensiones de la fase que se deforma fácilmente (matriz resinosa), hacia la fase más rígida (partículas de relleno), lo cual va a mejorar las propiedades físicas y mecánicas de la resina compuesta. Además promueve una estabilidad hidrolítica en el interior de la resina, lo que previene la penetración de agua en la interfase de ambas partes⁽³³⁾.
- Sistema iniciador/activador de la polimerización: esta reacción se inicia por la acción de radicales libres, que se generan a partir de un estímulo externo, el cual puede ser químico (resinas de autocurado), mediante luz visible (resinas fotoactivadas) o por calor (resinas de termocurado). En las resinas de autocurado el estímulo proviene de la mezcla de dos pastas, una de las cuales posee activador químico (amina terciaria aromática como el dihidroxi-etil-p-toluidina) y la otra contiene un iniciador de la polimerización (peróxido de benzoílo)⁽³⁴⁾. En las resinas fotoactivadas, la energía de la luz

visible (longitud de onda entre 420 y 500 nm.) provee el estímulo que activa un iniciador en la resina (canfotoquinonas, lucerinas u otras diquetonas)⁽³⁵⁾. Las resinas de termocurado se activan con la aplicación de calor (100°C o más) solo o en conjunto con el fotocurado. Este procedimiento es bastante común en las resinas usadas en laboratorio⁽³⁶⁾.

- Sistema de estabilizadores o inhibidores: maximizan la durabilidad durante el almacenamiento.

Las propiedades físicas, mecánicas, estéticas y el comportamiento clínico de las resinas compuestas dependen de su estructura. Tenemos que por un lado la matriz orgánica va a ser responsable de la contracción de polimerización y mientras más bajo sea el peso molecular promedio de la mezcla de monómeros que forman la fase resinosa, mayor será el porcentaje de contracción volumétrica. El relleno, por su parte, reduce la contracción de polimerización, la sorción de agua y el coeficiente de expansión térmica, y proporciona un aumento de la resistencia a la tracción, compresión, abrasión, y aumenta también el módulo de elasticidad (rigidez). Además, el relleno proporciona radiopacidad, mejora la manipulación e incrementa la estética^(6,37,38).

Las resinas compuestas nos permiten realizar restauraciones directas e indirectas en el sector anterior y posterior. Cuando en las piezas del sector posterior se presentan situaciones clínicas con pérdidas importantes de estructuras coronarias originadas por caries, por fractura de paredes y/o cúspides o por desgaste de la superficie oclusal, la aplicación de un material plástico por método directo para restituir la forma y la función se dificulta⁽¹⁾. Es en estas situaciones cuando la resina compuesta indirecta se introduce como una alternativa viable que ofrece restauraciones estéticas y funcionales de alto rendimiento⁽³⁹⁾.

Las restauraciones de resina compuesta indirecta mejoran la adaptación marginal, forma anatómica y disminuyen las consecuencias asociadas a la contracción de polimerización⁽⁴⁰⁾. Esto último se debe a que la polimerización de la

restauración ocurre fuera de boca, es decir, ocurre en el laboratorio donde son elaboradas, es por esto que al asentarla en la preparación dentaria la única contracción de polimerización que ocurre es la de la delgada capa de cemento, mejorando de esta manera la adaptación y el sellado marginal^(26,41). En volumen, la contracción de polimerización de las resinas compuestas directas oscila entre un 1,35 y un 7,1% y la del agente cementante es entre un 2,5 y un 4%, pero éste último, al ser una fina capa, la contracción final siempre será menor⁽⁴²⁾. En consecuencia, las resinas compuestas indirectas muestran menor microfiltración marginal que las resinas compuestas directas, lo que disminuye la posibilidad de presentar desadaptación, pigmentación marginal, recidiva de caries e incluso una posible irritación pulpar⁽⁴³⁾. Además permite obtener mejor pulido de superficies poco accesibles⁽⁴⁴⁾.

Los procedimientos indirectos requieren de un proceso de cementado, del cual depende una adecuada retención, resistencia y sellado de la interfase entre el material restaurador y el diente y, por lo tanto, la longevidad de la restauración⁽⁴⁵⁾. Para cumplir con este cometido se utiliza un medio cementante, este tema se hablará más adelante.

Al hablar de resinas compuestas, no podemos dejar de lado su proceso de unión a los tejidos dentarios, y para entender este proceso describiremos los distintos mecanismos de adhesión. Definimos adhesión como toda fuerza que permite mantener dos superficies en contacto, o la fuerza que se opone a la separación de dos cuerpos manteniéndolos unidos cuando están en íntimo contacto. Cuando no se puede lograr un íntimo contacto entre las partes a adherir se requiere del uso de un elemento adicional llamado adhesivo, el cual es una sustancia o película que se agrega entre las partes a unir⁽⁴⁶⁾.

Existen dos tipos de adhesión según el mecanismo que se utilice para lograrla: adhesión química y adhesión mecánica.

La adhesión química es la adhesión en la cual se generan uniones de tipo químicas, que determinan continuidad en todo el conjunto. Estas uniones químicas se dividen en dos; las uniones químicas primarias y las uniones químicas secundarias. Las uniones químicas primarias son aquellas en las que existe gran

cercanía entre los átomos, los cuales buscan alcanzar una configuración electrónica estable. Estas uniones pueden ser iónicas, covalentes o metálicas. Las uniones químicas secundarias, por otro lado, se dan entre moléculas, éstas son más débiles que las primarias. Son muy importantes en la química de fluidos, líquidos y polímeros. Pueden ser fuerzas de Van der Waals o Puentes de Hidrógeno⁽⁴⁶⁾.

La adhesión mecánica es una trabazón entre las partes a unir, es decir, se mantienen en contacto debido a la penetración de una de ellas en las irregularidades de la otra, o como en el caso de las restauraciones adhesivas, la penetración de un adhesivo en las irregularidades de una de las partes (superficie dentaria). Este tipo de adhesión puede ser macroscópica o microscópica (microtrabazones) y a su vez puede lograrse a través de dos efectos; efectos geométricos, los cuales se relacionan con las irregularidades de las superficies a contactar como rugosidades, porosidades y retenciones y a través de efectos reológicos, relacionados con los cambios dimensionales que generan tensiones, lo que se traduce en trabazones que ayudan a la retención⁽⁴⁶⁾.

Como se mencionó anteriormente, las resinas compuestas necesitan un medio de fijación. Una de las funciones fundamentales de los medios de fijación es brindar un adecuado sellado de los márgenes e interfaces⁽⁴⁷⁾, ya que la filtración de agua y otros productos puede ocurrir a través de estos espacios que quedan entre el diente y la restauración⁽⁴⁸⁾.

En vista de lo anterior, la selección del agente cementante apropiado es un paso crucial para el éxito de las restauraciones indirectas⁽⁴⁵⁾.

Agentes cementantes

Los agentes cementantes son los materiales encargados de fijar en posición la restauración indirecta por un período indefinido de tiempo y sellar la interfase diente-restauración^(49,50,51).

En general, un agente de cementación ideal debe presentar: adecuada resistencia, no ser tóxico con el complejo dentina- pulpa, adhesión a las estructuras dentarias y a los materiales restauradores, alta fluidez y baja viscosidad al momento de su asentamiento en boca, bajo espesor de película, promover sellado marginal efectivo y estable, insolubilidad en el medio oral, estabilidad dimensional una vez endurecido, técnica poco sensible, adecuado tiempo de trabajo, buenas propiedades estéticas y radiopacidad mayor a la de los tejidos dentarios^(49,52). En la actualidad ningún material disponible es capaz de cumplir con todos estos requisitos⁽⁹⁾.

La elección del cemento va a depender del tipo de restauración, el material de la restauración y la situación clínica, además de las ventajas y limitaciones que éste posea⁽⁴⁷⁾.

El primer cemento en aparecer fue el fosfato de zinc, el cual se compone de un polvo de óxido de zinc y óxido de magnesio y un líquido de ácido fosfórico. Estos componentes fraguan mediante una reacción de ácido-base formando una sal. Posee gran rigidez, baja solubilidad en agua, alta fluidez y reducido espesor de película (25 μm). Sus desventajas son su bajo pH inicial que puede generar sensibilidad post operatoria e irritación pulpar, su falta de estética y su falta de adhesión al diente, por lo tanto el comportamiento mecánico del diente no se modifica, es decir, no hay transmisión de fuerzas de una estructura a otra para reducir la tensión^(1,9,26).

Más tarde, aparece el cemento de policarboxilato de zinc, que fue el primer cemento que brindó adhesión química a la estructura dentaria. Se compone de un polvo de óxido de zinc y un líquido compuesto por una solución acuosa de ácido poliacrílico y copolímeros. Al mezclar polvo y líquido, estos fraguan en una

reacción ácido-base; en ésta el ácido reacciona con los iones calcio de la superficie dentaria creando la unión química, lo que en teoría llega a formar una única sola estructura desde el punto de vista mecánico y permite además un sellado marginal. Posee baja solubilidad en agua pero elevada en ambiente ácido, y posee menor rigidez (por lo tanto menor fragilidad) y resistencia a la compresión que el cemento fosfato de zinc. Produce prácticamente nula sensibilidad post operatoria^(1,9,26).

Posteriormente, se desarrolla el cemento de ionómero de vidrio, nombre genérico de un grupo de materiales que se basan en la reacción de un polvo de vidrio de silicato y un líquido que se compone de una solución acuosa de ácidos poliacrílicos. Posee adhesión química al diente, lo que promueve una barrera frente a la infiltración de fluidos orales. Libera y reincorpora flúor, lo que inhibiría la progresión de caries secundarias. Tiene elevada solubilidad las primeras 24 horas. Posee propiedades mecánicas similares al cemento fosfato de zinc, pero con una menor rigidez. Sus propiedades ópticas se aproximan razonablemente a las piezas dentarias^(1,26).

Debido a la necesidad de mejorar las propiedades mecánicas del cemento de vidrio ionómero convencional, se le incorporó monómeros de resina. En estos cementos el ácido poliacrílico es reemplazado por monómeros hidrofílicos, lo que hace que la polimerización del material pueda ser activada químicamente o por luz visible (fotoactivable) además de la reacción ácido-base, por ello, se consideran de fraguado dual. Poseen mejor translucidez y resistencia que los convencionales. Su desventaja es la mayor contracción del material. La adhesión, liberación de flúor y biocompatibilidad son comparables en los cementos de vidrio ionómero convencional⁽²⁶⁾.

Cementos de Resina Compuesta

Los cementos de resina poseen una composición similar a las resinas compuestas para restauración; poseen una matriz de resina Bis-GMA principalmente, un relleno inorgánico de partículas de sílice y un agente de acoplamiento. Estos cementos difieren de los materiales restauradores por tener menor contenido de carga y por lo tanto, menor viscosidad. La mayoría posee un

grupo funcional hidrófilo para favorecer su unión a la dentina (excepto cementos indicados para carillas anteriores que se realizan fundamentalmente en esmalte), estos grupos funcionales son: el monómero hidroxietil metacrilato (HEMA), el 4-metacriloxietil trimetilato anhidro (4- META) y el ácido fosfórico 10- metacril oxidecametileno (MDP)^(26,53).

Según el tamaño de sus partículas podemos encontrar los cementos de resina de microrrelleno y los microhíbridos. Los cementos de resina de microrrelleno presentan un tamaño de partículas de 0,04 μm . y su porcentaje en volumen es de 50%. Los microhíbridos presentan partículas de tamaño de 0,04 μm . y otras mayores entre 0,6 y 2,4 μm ., su porcentaje en volumen es de 52 a 60%⁽⁹⁾.

Estos cementos poseen distintos mecanismos de activación de la polimerización, a saber, fraguado químico, fotoactivación y activación dual. A continuación se describe cada uno:

- Fraguado químico convencional: en estos, la base y catalizador están disponibles en dos pastas que deben ser mezcladas antes de su uso. La reacción es lenta y se completa teóricamente después de 24 horas, se encuentran indicados principalmente para la cementación de estructuras opacas o que por su espesor impiden el paso de luz para ser fotoactivados^(54,55).
- Fotoactivación: en estos, la reacción se inicia por la luz, la cual debe tener una longitud de onda de 400 a 520 nm para la activación. Esto en presencia de un sistema de canforoquinona y amina alifática produce la polimerización. Este sistema tiene la ventaja de permitir un mejor control del tiempo de trabajo y presentan mayor estabilidad del color, pero su indicación se limita a restauraciones traslúcidas y de poco espesor, que permitan el paso de la luz^(11,45,54).
- Fraguado dual: este último mecanismo fue desarrollado para conciliar las propiedades favorables de ambos tipos de polimerización⁽⁴⁵⁾. En éste, los

componentes en forma de pasta- pasta, requieren de una mezcla para iniciar la reacción química, la cual es muy lenta y proporciona un tiempo de trabajo largo hasta que se expone a la luz, momento en el cual solidifica con rapidez. En este sistema ambos tipos de polimerización son suplementarias e independientes^(26,56).

Esta cementación adhesiva, de los cementos de resina, ha traído ventajas con respecto a los cementos anteriores antes mencionados. Estas ventajas son: el refuerzo del remanente dental, mejor retención de la restauración, mejor distribución de fuerzas masticatorias, restauraciones más estéticas y menor solubilidad. Estos cementos al tener mayor resistencia de adhesión a la estructura dentaria y al material restaurador (mejor retención), van a permitir crear preparaciones dentarias más conservadoras, debido a que no hay necesidad de destruir tejido sano para hacer la preparación cavitaria⁽¹⁾.

No obstante, la eficacia de las restauraciones indirectas de resina no solo está determinada por factores inherentes al agente cementante o al proceso de cementado en sí, sino también al adecuado tratamiento previo de las superficies dentarias, las cuales requieren de una preparación ácida y el uso de sistemas adhesivos para lograr adhesión a los tejidos del diente, a continuación se especifica este proceso.

Adhesión a la estructura dentaria

El mecanismo por el cual la resina compuesta se fija a esmalte y dentina es la adhesión. Esta adhesión requiere de un proceso de intercambio, el cual involucra un reemplazo de minerales removidos de los tejidos duros dentarios y que son reemplazados por monómeros de resina, estos monómeros penetran entre los espacios y polimerizan ahí. Su gran relevancia clínica es la posibilidad que proporcionan de minimizar la pérdida de sustancia necesaria para la retención de las restauraciones, es decir, conservar mayor cantidad de tejido sano⁽⁵⁷⁾. Aunque la mayor parte de los sistemas adhesivos se aplica simultáneamente a

esmalte y dentina⁽⁵⁸⁾, la diferencia estructural de ambos sustratos hace necesario discutir el proceso de adhesión a esmalte y a dentina por separado.

Unión a esmalte

El esmalte se compone en un 94% de un mineral llamado hidroxiapatita (fosfato cálcico), 4% de material orgánico y 2% de agua. Se estructura en pequeñas “varillas” llamadas prismas que van desde la unión amelodentinaria (unión esmalte-dentina) hacia la superficie y que están formados por cristales nanométricos rodeados de material orgánico⁽⁵⁹⁾.

El tratamiento químico con ácidos aumenta el área del esmalte, transformándolo en una superficie más apta para la adhesión⁽⁵⁸⁾. Para lograr esto, existen dos mecanismos, el grabado con ácido ortofosfórico y los sistemas de autograbado.

Grabado ácido y lavado del esmalte

En el año 1955 M. Buonocore, describió la preparación previa del esmalte mediante la aplicación de una solución ácida, que después se lavaba y secaba y con la que se obtenía un patrón de grabado de la superficie adamantina. Este ácido actúa disolviendo selectivamente los extremos finales de los prismas en la superficie, lo que consigue un área irregular con poros desde 5 a 50 μm ., aumentando la superficie a adherir y pudiendo ser mojada y penetrada por una resina fluida de baja viscosidad. El ácido que se utiliza habitualmente es el ácido ortofosfórico al 37% y produce micro-rugosidades que favorece la adhesión de la resina por retención micro-mecánica⁽¹⁴⁾.

Este sistema, también llamado sistema convencional de adhesión, aumenta la energía superficial y la humectación del esmalte, lo que permite la penetración de monómeros de resina polimerizables en forma de adhesivo fluido y así una vez polimerizada in situ, estas extensiones de resina, crearán los llamados “tags” de

resina. Esto establecerá una fuerte trabazón micromecánica geométrica y reológica con el esmalte^(57,60,61).

Sistema de autograbado en esmalte

Estos sistemas presentan una capacidad ácida menor, por lo que poseen un efecto de grabado menos intenso y menos profundo que el generado por el ácido fosfórico. Los monómeros ácidos van a desmineralizar y van a penetrar la superficie simultáneamente. Después de la evaporación del solvente los monómeros permanecen juntos, para luego interconectarse por medio de la polimerización. No requieren lavado con agua⁽⁵⁷⁾.

La estructura molecular de los monómeros ácidos adhesivos consiste en tres partes: Un grupo funcional polimerizable, un alqueno flexible (grupo de conexión) y una fracción ácida hidrofílica, ésta última interactúa con la hidroxiapatita dental. La fracción ácida puede ser a su vez ácido carboxílico (o su grupo anhídrido) o un grupo de ácido fosfórico⁽⁶²⁾.

En un comienzo, los adhesivos de autograbado, se indicaban para procedimientos adhesivos confinados en dentina, actualmente existe la controversia con respecto al patrón de grabado generado en esmalte. Algunos autores afirman que estos sistemas son menos agresivos comparados con el grabado ácido total con ácido fosfórico, pero presentan comportamiento similar, tanto en porcentaje de microfiltración marginal y resistencia adhesiva^(21,63,64).

Según Miyazaki y cols.⁽⁶⁵⁾ estos sistemas poseen valores de adhesión a esmalte más bajos que los conseguidos con los sistemas de grabado y lavado, lo que puede generar la aparición de fracturas marginales en esmalte.

Unión a dentina

La dentina, por otro lado, se compone en un 70% de minerales (cristales de hidroxiapatita), 18% de matriz orgánica, en su mayor parte colágena tipo 1, y un 12% de agua. Su microestructura está dominada por la presencia de túbulos dentinarios que van desde la cámara pulpar hasta la unión amelodentinaria, los cuales están rodeados por una región peritubular hipermineralizada, embebida en

una matriz intertubular formada principalmente por colágeno tipo I, además de cristales de hidroxiapatita y fluido dentinario⁽²⁵⁾. Debido a esta compleja estructura y a la sensibilidad de la técnica, en dentina, la adhesión es menos confiable que en esmalte⁽⁴⁸⁾.

Grabado ácido y lavado de la dentina

En 1979, Fusayama y cols. introducen el grabado ácido de la dentina con el propósito de crear microporosidades, tal y como sucedía en esmalte, pero la dentina al poseer mayor contenido orgánico que este último y tener fluidos al interior de sus túbulos, no permite la penetración de sustancias hidrofóbicas⁽⁶⁶⁾. Posteriormente en 1982, Nakabayashi demuestra la infiltración de monómeros de resina en dentina luego del proceso de grabado ácido. En este proceso se incrementa la permeabilidad, se remueve el barro dentinario, se elimina el contenido mineral de la dentina intertubular en una profundidad de 2-7 μm y se expone un armazón microporoso de fibras colágenas. Esto facilita la interacción del adhesivo con la red colágena expuesta y garantiza la infiltración del adhesivo y sellado de los túbulos dentinarios^(67,68).

En virtud de las propiedades hidrofílicas de la dentina, es que más adelante se crearon moléculas bifuncionales, las cuales en su composición poseen monómeros como el HEMA o 4-META con propiedades hidrofílicas que reaccionan con el tejido orgánico y moléculas hidrofóbicas que interactúan con las resinas adhesivas y copolimerizan simultáneamente con los materiales restauradores^(69,70). Estas moléculas llamadas imprimadores o “primers”, se utilizan para aumentar la energía superficial de la dentina grabada y unen la tensión superficial del “primer” y adhesivo a la energía superficial de la red colágena. Estos monómeros se encuentran disueltos en solventes orgánicos, tales como acetona, agua o etanol⁽⁷⁰⁾.

El tercer y último paso para la adhesión a dentina es la aplicación de la resina adhesiva. Esta resina está compuesta por monómeros y no posee relleno inorgánico, lo que la hace muy fluida y le permite penetrar en las microporosidades que creó el grabado ácido y en la red de fibras colágenas expuestas,

reemplazando la fase mineral removida para producir una retención mecánica una vez polimerizado. El resultado de esto es una estructura híbrida entre la resina y el colágeno, conocido como capa híbrida⁽⁷¹⁾. Ésta resina es capaz de adherirse químicamente a la restauración de resina compuesta.

La capa híbrida tiene como funciones: mantener una adecuada resistencia adhesiva en la interfase, producir un sellado de la dentina grabada y aliviar el stress producido durante la polimerización⁽⁷⁰⁾.

Sin embargo, la adhesión en dentina puede verse afectada por la profundidad de desmineralización y la mayor o menor difusión e impregnación con los monómeros. Si la profundidad de la zona desmineralizada es mayor que la zona en que ha difundido la resina, queda un sector de fibras colágenas sin impregnarse de polímeros y, en consecuencia, no se hibridiza. Esta zona puede ser inestable y estudios *in vitro* sugieren que se hidroliza con el tiempo⁽¹⁶⁾, lo que hace altamente cuestionable su durabilidad en el tiempo. La humedad de la cavidad bucal y de la propia estructura dentinaria podría provocar que estas fibras colágenas sin impregnación de adhesivo quedaran expuestas en la interfaz diente/restauración y así, *in vivo*, estarían susceptibles a la disolución, favoreciendo la ocurrencia de fallos adhesivos prematuros^(72,73).

Por otro lado, luego de la aplicación del ácido es necesario lavar la superficie dentinaria, para así dejar expuestas las fibras colágenas y luego se debe eliminar el agua residual, lo cual representa una de las variables más difíciles de manejar, debido a la dificultad para estandarizar clínicamente la humedad óptima de la dentina antes de la aplicación del adhesivo para prevenir el colapso y desnaturalización superficial de la malla colágena^(74,75).

Según Sánchez y cols.⁽⁷⁶⁾, cuando la dentina es grabada con ácido ortofosfórico, se obtienen ángulos de contacto más bajos que cuando se utilizan sistemas adhesivos autograbadores, es decir, se obtiene un mayor contacto íntimo cuando se emplea un agente grabador que cuando no es así.

Sistemas de autograbado en dentina

Los sistemas adhesivos autograbadores se aplican directamente sobre la cavidad tallada y húmeda. Presentan monómeros ácidos e imprimadores juntos (algunos presentan también el adhesivo) los cuales cumplen la función de desmineralizar parcialmente la subsuperficie de la dentina y no requieren lavado, requieren menos pasos y elimina la necesidad de juicio clínico acerca de la humedad residual de la dentina⁽¹⁸⁾.

Alteran pero no eliminan el barro dentinario (el lavado no está indicado) y exponen e impriman las fibras de colágeno. Los monómeros de adhesivo se infiltran y rodean los minerales y el colágeno residual creando la capa híbrida. En estos adhesivos se disminuye el riesgo de sobrecondicionamiento de la dentina, por lo que resulta teóricamente imposible que quede alguna zona de dentina descalcificada y no impregnada de resina, lo que reduce el riesgo de sensibilidad postoperatoria⁽⁷⁷⁾.

Un estudio de Valenzuela y cols. muestra las diferencias en la capa híbrida al utilizar ambos sistemas de adhesión (convencional y sistemas de autograbado). En el sistema convencional, la capa híbrida formada es bastante irregular, menos homogénea y de mayor grosor (promedio 2 μm) en comparación con la capa híbrida de los adhesivos de autograbado, la que se presenta homogénea, más regular y más delgada (promedio 1 μm)⁽⁷⁸⁾. La diferencia en homogeneidad estaría dada por la dificultad de estandarizar la humedad óptima de la dentina con el lavado y secado que se realiza en los sistemas convencionales^(74,75). El menor grosor, por otro lado, se da por la precipitación de sales de calcio y de fosfato en los sistemas de autograbado, ya que en estos sistemas no existe el paso de lavado, el cual elimina estas sales⁽⁷⁹⁾. Éstos resultados se contradicen con los estudios de Breschi y cols. y T. Nikaido y cols., quienes plantearon que el ácido fosfórico penetra en dentina 25 μm . y el adhesivo sólo es capaz de imprimir 4,5 μm .^(80,81). No obstante, según Nakabayashi, 1 a 2 μm son profundidades de desmineralización suficientes para conseguir cifras de adhesión adecuadas y además pueden infiltrarse más fácilmente que desmineralizaciones más profundas⁽⁶⁶⁾.

Según Cedillo y cols. ambos sistemas, los de autograbado y los sistemas de grabado ácido total, presentaron excelente adaptación marginal e hibridación al esmalte y dentina asegurando el éxito de las restauraciones de resina compuesta⁽⁸²⁾.

Ahora bien, al comparar la fuerza de adhesión de los sistemas de autograbado en esmalte y en dentina, también existe controversia al respecto. Según Hara y cols., la fuerza de adhesión de algunos adhesivos autograbantes es mayor sobre la dentina que sobre el esmalte y que no alcanza, en este último, la eficacia del grabado ácido previo⁽²²⁾. En otro estudio realizado por Latta y cols., se comparan valores de adhesión de diez sistemas adhesivos de autograbado en esmalte y dentina. Se encontraron diferencias estadísticas entre los materiales para esmalte y dentina. Solo cuatro productos presentaron una adhesión mayor de 17MPa a dentina, por otra parte, todos los productos excepto uno excedieron los 17MPa para esmalte⁽⁸³⁾.

En vista de lo anterior, surge la preocupación acerca del correcto sellado en la interfase diente- restauración de los distintos sistemas adhesivos. Uno de los mayores problemas que se generan, es la fractura cohesiva de la resina compuesta al diente. Esta se produce cuando las fuerzas de adhesión se ven superadas por la contracción de polimerización de la resina, lo que se traduce en tensiones internas en la restauración que pueden causar el despegado de la interfase, la formación de espacios vacíos y producir microfiltración en los márgenes de la resina⁽⁸⁴⁾. Como consecuencia de esto, puede ocurrir la penetración de las bacterias y sus productos⁽⁸⁵⁾.

En este contexto, encontramos que la mayor causa por la cual fracasan las restauraciones adhesivas es la pérdida de retención y adaptación marginal⁽⁸⁶⁾ y es todavía una preocupación en la odontología restauradora, ya que aún no existe un material que logre una real adhesión química al diente y que evite por completo la microfiltración marginal. Posibles consecuencias de esto serían: alteraciones de la pulpa, sensibilidad dentinaria y caries secundaria (caries adyacente a la

restauración), esta última se genera debido a la dificultad de higienizar las brechas⁽⁸⁷⁾.

Otro aspecto importante a considerar en relación a la microfiltración, es la diferencia en la composición mineral del esmalte y la dentina, debido a que en muchas ocasiones las preparaciones cavitarias deben extender su pared gingival hasta el límite amelocementario. Mientras que el primer tejido, es altamente mineralizado y la eficacia en la adhesión ya ha sido probada⁽⁸⁸⁾, el segundo es menos mineralizado y por lo tanto contiene un componente orgánico mayor, además es un tejido húmedo y poroso (permeable), lo que hace que la adhesión sea más inestable⁽⁸⁹⁾. Es por esto que algunos autores consideran que la microfiltración sería mayor en el margen cemento/dentina que en esmalte⁽⁹⁰⁾.

Por todo esto, el propósito de este estudio es evaluar la microfiltración a nivel cervical de restauraciones de resina compuesta indirectas, sistemas adhesivos autograbantes y cemento de resina y compararla con la microfiltración con márgenes en esmalte.

HIPÓTESIS

“Existen diferencias significativas en el porcentaje de microfiltración marginal en los márgenes en esmalte y en cemento/dentina de restauraciones indirectas de resina compuesta cementadas utilizando un sistema adhesivo de autograbado”.

OBJETIVO GENERAL

Determinar el porcentaje de microfiltración marginal en los márgenes en esmalte y en cemento/dentina de restauraciones indirectas de resina compuesta cementadas utilizando un sistema adhesivo de autograbado.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ❖ Determinar el porcentaje de microfiltración marginal en los márgenes en esmalte de restauraciones de resina compuesta indirectas cementadas utilizando un sistema adhesivo de autograbado.
- ❖ Determinar el porcentaje de microfiltración marginal en los márgenes en cemento/dentina de restauraciones de resina compuesta indirectas cementadas utilizando un sistema adhesivo de autograbado.
- ❖ Analizar comparativamente los resultados obtenidos de los grupos en estudio.

MATERIALES Y METODOS

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.

Se recolectaron 30 terceros molares humanos tanto superiores como inferiores recientemente extraídos, sanos (sin caries, restauraciones hipoplasias ni abfracciones) se lavaron y se conservaron en suero fisiológico y formalina al 2%. Se les retiraron los restos de ligamento periodontal con curetas Hu-Friedy universales, se lavaron con una escobilla y desinfectaron con clorhexidina.



Foto 1. Muestras en suero fisiológico y formalina al 2%

Se procedió a enumerar la muestra del 1 al 30 con un lápiz indeleble color negro. Además se marcaron 2 caras de cada diente (proximales y/o libres) con una V y una L respectivamente para conformar 2 grupos de estudio; el grupo uno en el que las cavidades dentarias tendrán sus márgenes en esmalte y el grupo dos en el que las cavidades dentarias estarán a nivel del límite amelocementario (márgenes en esmalte y cemento/dentina), a ambos grupos se le cementará una restauración de composite usando la técnica adhesiva de autograbado de última generación. Posteriormente se conservaron en una solución de suero fisiológico y formalina al 2% hasta que fueron utilizados.

Se realizaron 60 cavidades tipo clase V de aproximadamente 4 mm de largo, 3 de altura y 2 de profundidad. Cada cavidad se realizó en una de las caras marcadas. Fueron talladas con una turbina W&H con refrigeración constante y una fresa de diamante tronco-cónica de extremo redondeado S. S. White nº 856 018 que se cambió cada 6 cavidades. Las cavidades se ejecutadas por el mismo operador y se midieron con sonda periodontal, previamente calibrado.



Foto 2. Muestras marcadas y talladas.



Foto 3. Medición dimensiones cavidades preparadas.

Se realizaron las 60 restauraciones utilizando la técnica incremental con Resina Filtek Z350 (3M ESPE) color B2, con las cavidades previamente aisladas con aislante para acrílico marca Acryfoil. Cada incremento se polimerizó durante 20 segundos con una lámpara de luz halógena convencional modelo XL2500 (Elipar) marca 3M antes de poner el siguiente.

Una vez terminadas las 60 Restauraciones de Resina se procedió a la cementación de éstas. Para lo cual cada una de estas se tomó por su cara externa con un gutaperchero y cera plastificada, luego se introdujo en un vaso dappen con alcohol durante unos segundos, se secó con aire de la jeringa triple y luego se llevó a cabo la técnica adhesiva de autograbado de última generación utilizando el adhesivo de autograbado Single Bond Universal™ (3M ESPE) según las especificaciones del fabricante: se aplicó el adhesivo con microbrush se frotó durante 20 segundos y luego se esparció soplando con la jeringa triple por 5 segundos hasta que el líquido dejó de fluir y se evaporó el disolvente, luego se dejó durante 40 segundos y finalmente se polimerizó por 10 segundos con una lámpara de fotopolimerización convencional.

Luego se cementaron las restauraciones de resina compuesta con el 3M® RelyX® ARC cemento de resina adhesivo. Para esto se dispensó el cemento en un block y se mezcló por 10 segundos, luego se aplicó una capa fina en la preparación, se asentó lentamente la restauración y se retiraron los excesos. Finalmente se fotocuraron los márgenes durante 40 segundos con lámpara de fotopolimerización convencional.



Foto 4. Polimerización del material de cementación.

Las muestras se guardaron en un frasco debidamente rotulado en una estufa de control de humedad y temperatura ambiental marca Heraeus, con 100% de humedad ambiental y a 37° C durante 48 horas.

Para evitar microfiltración provenientes de la cámara pulpar y los conductos radiculares se barnizó con dos capas de esmalte de uñas y una capa de cianocrilato (La Gotita®) la superficie radicular de todas las muestras. Luego se sellaron los ápices con un tapón de vidrio ionómero de autocurado, 3M. Posteriormente se construyó un mango con acrílico de autopolimerización para cubetas que cubrían toda la raíz hasta el límite amelocementario.



Foto 5. Pieza dentaria con mango de acrílico.

Pasado este tiempo las muestras fueron sometidas a un baño de termociclado manual de 100 ciclos en el colorante azul de metileno como marcador. Cada ciclo consistió en mantener las muestras durante 30 segundos en un recipiente con una solución acuosa de azul de metileno al 1% a 5°C, luego se pasaron a otro recipiente con una solución acuosa de azul de metileno a temperatura ambiente durante 30 segundos y finalmente introducir las muestras en un recipiente con una solución acuosa de azul de metileno al 1% a 60°C durante 30 segundos. Este procedimiento se repitió 100 veces. Una vez terminado el proceso las muestras se lavaron bajo un profuso chorro de agua durante 5 minutos y se volvieron a dejar en la estufa durante 48 horas más.

Con un disco de carburundum y un micromotor se realizaron cortes sagitales en 20 de las piezas dentarias y cortes transversales en las 10 restantes, pasando por la parte media de las restauraciones de ambos grupos, de tal manera de poder analizar el porcentaje de microfiltración. Los cortes se realizaron de forma intermitente para disipar el calor producido.

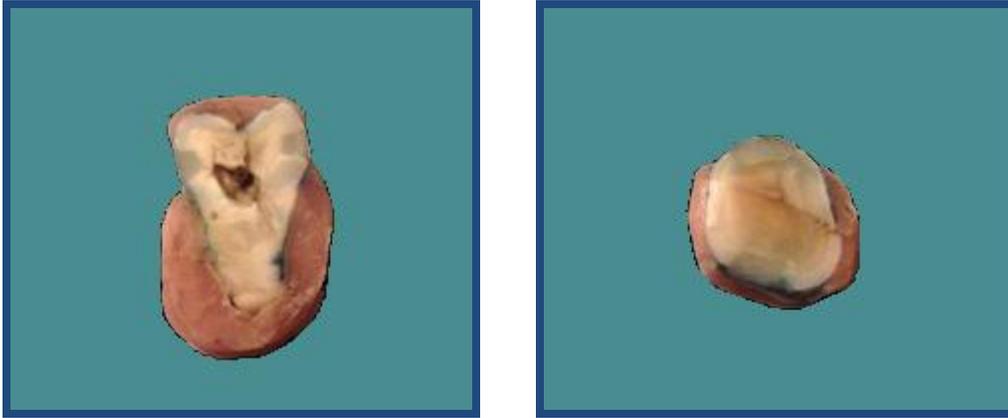


Foto 6 y 7. Cortes sagital y transversal de las piezas dentarias.

Los cortes de las muestras fueron observados con microscopio óptico (Carl Zeiss, Alemania), utilizando lente lupa (10X) graduado a nivel de la interfase diente- restauración para determinar el grado de penetración del colorante (con una unidad de medición mínima de 0,01 mm y un error de instrumento de 0,05 mm). Luego, se calculó el porcentaje de penetración con la fórmula:

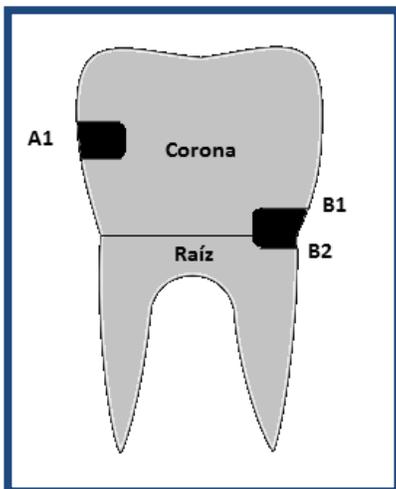
Penetración del colorante / profundidad de la preparación x 100

Con los resultados obtenidos, se procedió a realizar los análisis estadísticos. Primero se estimaron los estadígrafos descriptivos, con el fin de describir las características de los grupos. Luego, con el objeto de determinar si los datos se distribuían en forma normal o no, se realizó la prueba de normalidad de Shapiro Wilk. Posteriormente, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis, para determinar si existían diferencias significativas entre los grupos y, finalmente, se aplicó el test de Steel-Dwass-Critchlow-Fligner, para ver entre cuales grupos existió esta diferencia significativa. El nivel de significación aplicado en todos los test fue de $\alpha=0,05$.

RESULTADOS

Los porcentajes de microfiltración obtenidos en el experimento quedan expresados en las Tablas N°1 y N°2. La Tabla N°1 muestra las piezas en las que se realizó corte sagital, mientras que la Tabla N°2 muestra las piezas en las que se realizó corte transversal. En las Figura N°1 y N°2 quedan ilustrados los grupos en estudio.

Figura N°1. Ilustración de los Grupos en Estudio (Corte Sagital Pieza Dentaria).

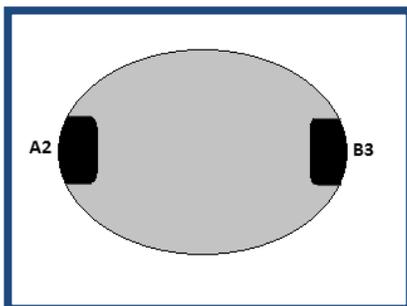


Grupo A1: Cavidad en esmalte. Paredes en esmalte.

Grupo B1: Cavidad en límite amelocementario. Pared en esmalte.

Grupo B2: Cavidad en límite amelocementario. Pared en dentina.

Figura N°2. Ilustración de los Grupos en Estudio (Corte Transversal Pieza Dentaria).



Grupo A2: Cavidad en esmalte. Paredes en esmalte.

Grupo B3: Cavidad en límite amelocementario. Pared en esmalte/dentina.

Tabla N°1. Porcentajes Microfiltración Marginal para los Grupos A1, B1 y B2 (Corte Sagital).

| N° pieza | Grupo A1 Esmalte | Grupo B1 Esmalte | Grupo B2 Dentina |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | 16,7% | 18,3% | 11,7% |
| 2 | 10,8% | 13,3% | 13,3% |
| 3 | 11,7% | 18,3% | 15,0% |
| 4 | 12,5% | 15,0% | 13,3% |
| 5 | 10,0% | 16,7% | 16,7% |
| 6 | 6,7% | 13,3% | 10,0% |
| 7 | 13,3% | 20,0% | 43,3% |
| 8 | 14,2% | 26,7% | 13,3% |
| 9 | 12,5% | 15,0% | 26,7% |
| 10 | 10,0% | 10,0% | 15,0% |
| 11 | 11,7% | 20,0% | 16,7% |
| 12 | 14,2% | 10,0% | 13,3% |
| 13 | 8,3% | 11,7% | 11,7% |
| 14 | 13,3% | 16,7% | 13,3% |
| 15 | 5,0% | 13,3% | 6,7% |
| 16 | 8,3% | 8,3% | 10,0% |
| 17 | 10,0% | 15,0% | 18,3% |
| 18 | 6,7% | 13,3% | 13,3% |
| 19 | 18,3% | 10,0% | 11,7% |
| 20 | 11,7% | 11,7% | 8,3% |
| Media | 11,3% | 14,8% | 15,2% |

Tabla N°2. Porcentajes de Microfiltración Marginal para los Grupos A2 y B3 (Corte transversal).

| N° pieza | Grupo A2 Esmalte | Grupo B3 Esmalte/ Dentina |
|-----------------|-------------------------|----------------------------------|
| 21 | 5,8% | 5,8% |
| 22 | 25,0% | 9,2% |
| 23 | 8,3% | 5,0% |
| 24 | 13,3% | 3,3% |
| 25 | 6,7% | 4,2% |
| 26 | 11,7% | 4,2% |
| 27 | 9,2% | 3,3% |
| 28 | 5,8% | 20,0% |
| 29 | 6,7% | 3,3% |
| 30 | 8,3% | 5,0% |
| Media | 10,1% | 6,3% |

Los datos se sometieron a estudios de análisis estadístico descriptivo, en donde se describen y resumen los datos de los grupos de estudio para poder caracterizarlos. Estos datos se exponen en detalle en la Tabla N°3.

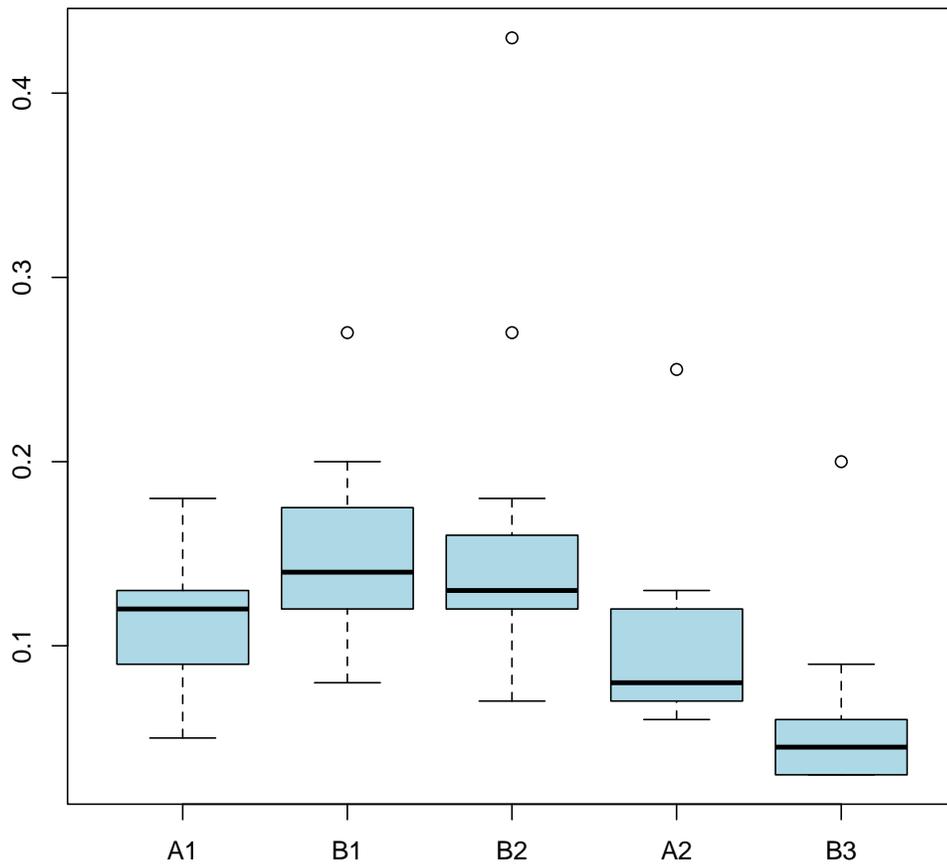
Tabla N°3. Estimación de estadígrafos descriptivos para los grupos estudiados.

| | Grupos Analizados | | Estadístico |
|---------------------------------|--------------------------|--------------|--------------------|
| Microfiltración Marginal | Grupo A1 | Media | 11,3% |
| | Esmalte | Mediana | 12% |
| | | Varianza | 11,146 |
| | | Desv. Típ. | 3,339 |
| | | Mínimo | 5% |
| | | Máximo | 18,3% |
| | | Grupo B1 | Media |
| | Esmalte | Mediana | 14,2% |
| | | Varianza | 19,269 |
| | | Desv. Típ. | 4,390 |
| | | Mínimo | 8% |
| | | Máximo | 26,67% |
| | | Grupo B2 | Media |
| | Dentina | Mediana | 13,3% |
| | | Varianza | 60,789 |
| | | Desv. Típ. | 7,797 |
| | | Mínimo | 6,7% |
| | | Máximo | 43,3% |
| | | Grupo A2 | Media |
| | Esmalte | Mediana | 8,3% |
| Varianza | | 33,557 | |
| Desv. Típ. | | 5,793 | |
| Mínimo | | 5,8% | |
| Máximo | | 25,0% | |
| Grupo B3 | | Media | 6,3% |
| Esmalte/ Dentina | Mediana | 4,6% | |
| | Varianza | 26,111 | |
| | Desv. Típ. | 5,110 | |
| | Mínimo | 3,3% | |
| | Máximo | 20% | |

Desv. Típ.: Desviación Típica o estándar.

Los datos expresados en la Tabla N°3 se representan en el Gráfico N°1, diagrama Box- Plot o diagrama de cajas y bigotes, donde la caja representa donde se concentra el 50% central de los datos (Cuartil 25 a Cuartil 75), la línea central horizontal muestra la mediana, los bigotes o líneas verticales representan los valores máximos y mínimos obtenidos y los círculos representan datos outlier (dato significativamente diferente a los otros datos de la colección). Los porcentajes de microfiltración en el gráfico quedan expresados numéricamente.

Gráfico N°1. Comparación de datos obtenidos para los grupos analizados.



El test de normalidad Shapiro Wilks se utiliza para determinar si los datos de los diferentes grupos estudiados se distribuyen de forma normal. Este test se realiza cuando el tamaño muestral es menor a 50 (en este caso son 30 muestras).

Si el valor de significancia (p-valor) es mayor a 0,05 implica que en los datos de la variable estudiada no existe evidencia para rechazar la hipótesis de normalidad, por lo tanto **los datos poseen distribución normal**. Por otro lado, si el valor de significancia (p-valor) es menor que 0.05 implica que en los datos de la variable estudiada existe evidencia para rechazar la hipótesis de normalidad, por lo tanto los datos **no poseen distribución normal**.

Los grupos A1 y B1 poseen distribución normal de los datos, en cambio los grupos B2, A2 y B3 no poseen distribución normal de los datos. Estos resultados se muestran en la Tabla N°4.

Tabla N°4. Resultados de la aplicación de prueba de normalidad de Shapiro Wilk a los grupos analizados.

| | Grupos Analizados | Estadístico | Significancia |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|
| Microfiltración Marginal | A1 | 0.9689 | 0.7323 |
| | B1 | 0.9346 | 0.1889 |
| | B2 | 0.6865 | 0.00002679 |
| | A2 | 0.7102 | 0.00117 |
| | B3 | 0.6501 | 0.0002203 |

Luego, para probar si los datos provienen de la misma población se utiliza la prueba de Kruskal-Wallis, la cual es un método no paramétrico (no asume normalidad en los datos) idéntico al ANOVA y se utiliza para 3 o más grupos.

Los resultados de este test se expresan en la tabla N°5, esta muestra que el nivel de significancia obtenido es menor que el nivel de significación $\alpha=0.05$, esto indica que los grupos analizados no provienen de la misma población, es decir, difieren en forma significativa. Esto no especifica entre que grupos existe o no dicha diferencia.

Tabla N°5. Resultados de la aplicación de la prueba de Kruskal-Wallis.

| Prueba Kruskal-Wallis | |
|------------------------------|----------|
| K (Valor observado) | 26.308 |
| K (Valor crítico) | 9.488 |
| GDL | 4 |
| P-valor (Sig.) | < 0.0001 |
| alfa | 0.05 |

K.: Kruskal-Wallis. Sig.: Significancia

Posteriormente, se realizó el procedimiento de comparaciones múltiples por pares de Steel-Dwass-Critchlow-Fligner para determinar entre que grupos existía la diferencia encontrada con el test Kruskal-Wallis. El nivel de significancia empleado fue de $\alpha=0.05$.

La tabla N°6 muestra que existe diferencia estadísticamente significativa entre los grupos A1 y B3, B1 y A2, B1 y B3, B2 y B3, debido a que son inferiores a $\alpha=0.05$.

Tabla N°6. Resultados de la aplicación del test Steel-Dwass-Critchlow-Fligner

| Comparaciones Múltiples | | |
|--|-------------------|--------------|
| Porcentaje de Microfiltración Marginal. Test de Steel-Dwass-Critchlow-Fligner | | |
| Grupos Analizados | Grupos Analizados | Sig. |
| Grupo A1 Esmalte | B1 Esmalte | 0.098 |
| | B2 Dentina | 0.355 |
| | A2 Esmalte | 0.487 |
| | B3 Esm/Dent | 0.011 |
| Grupo B1 Esmalte | A1 Esmalte | 0.098 |
| | B2 Dentina | 0.960 |
| | A2 Esmalte | 0.029 |
| Grupo B2 Dentina | B3 Esm/Dent | 0.003 |
| | A1 Esmalte | 0.355 |
| | B1 Esmalte | 0.960 |
| Grupo A2 Esmalte | A2 Esmalte | 0.056 |
| | B3 Esm/Dent | 0.004 |
| | A1 Esmalte | 0.487 |
| | B1 Esmalte | 0.029 |
| Grupo B3 Esmalte/ Dentina | B2 Dentina | 0.056 |
| | B3 Esm/Dent | 0.081 |
| | A1 Esmalte | 0.011 |
| | B1 Esmalte | 0.003 |
| | B2 Dentina | 0.004 |
| | A2 Esmalte | 0.081 |

Dent.: Dentina

DISCUSION

Este estudio evalúa el sellado marginal de restauraciones de resina compuesta indirectas, cementadas a nivel de esmalte y a nivel del límite amelocementario, utilizando el sistema adhesivo de autograbado Single Bond™ Universal, 3M y el cemento de curado dual RelyX ARC™ 3M. La hipótesis planteada es validada, ya que si existen diferencias en la microfiltración marginal en estos dos segmentos del diente.

Actualmente, en la clínica diaria las preparaciones cavitarias son cada vez más conservadoras, sin embargo, existen ciertas ocasiones donde la preparación extiende su pared gingival hasta el límite amelocementario, por tanto, en este estudio se intentó valorar el comportamiento de estos materiales en estas situaciones, donde la adhesión muchas veces se ve comprometida. Esto debido a que una alta proporción del margen de la restauración queda en dentina (con su alto contenido orgánico y acuoso) y al alto estrés que se genera en el área cervical^(89,91,92,93). Además en el límite amelocementario coinciden diversos factores adversos, a saber: dificultad de aislamiento, ausencia o escaso espesor de esmalte y una dirección de túbulos dentinarios que al ser cortados longitudinalmente no ofrecen, por su histología, la posibilidad de servir como matriz para la generación de “tags” de resina, lo que puede afectar a la formación de la capa híbrida, y por tanto, esto puede contribuir a la filtración que ocurre a este nivel⁽⁹⁴⁾.

La microfiltración ocurre a lo largo de la interfase restauración-diente producto de una serie de cambios térmicos, que ocurren en la cavidad oral y que provocan tensión mecánica, dando como resultado una diéresis de la unión diente-material restaurador⁽⁹⁵⁾. Diversos métodos se han desarrollado para evaluar la microfiltración *ex vivo*, en este estudio el método escogido fue la tinción de la interfase con azul de metileno, debido a su fácil preparación y manipulación⁽⁹⁶⁾. Para envejecer la interfase adhesiva *in vitro* se utilizó el termociclado en solución acuosa de azul de metileno al 1%, aplicando 100 ciclos con temperaturas

extremas de la cavidad oral, las cuales corresponden a 5°C para la mínima y 60°C para la máxima.

Una vez obtenidos los resultados fueron sometidos a análisis estadísticos, los que arrojaron diferencias significativas en los valores de microfiltración entre algunos de los grupos estudiados. Para los molares cortados en sentido sagital, los valores promedio expresados en porcentaje de microfiltración fueron de 11,3% para las cavidades en esmalte y para las cavidades en el límite amelodentinario fue de 14,8% para la pared en esmalte y 15,2% para la pared en dentina. Por otro lado, para las piezas dentarias cortadas en sentido transversal, los valores expresados en porcentaje de microfiltración fueron de 10,1% para esmalte y de 6,3% para las cavidades en el límite amelocementario. Se muestra en este estudio, que si existen diferencias estadísticamente significativas entre las cavidades en esmalte (Grupos A1 y B1) y en el límite amelocementario (Grupo B3), siendo mayor la microfiltración en esmalte al usar adhesivos de autograbado en la cementación de resinas compuestas indirectas. A su vez en el grupo B2 posee una diferencia significativa con el grupo B3, pero existe una mayor cantidad de datos outlier, sobretodo un dato (43,3%) que fue el más alto obtenido en el experimento, y no existe una diferencia significativa con esmalte, por lo tanto puede deberse a una falla en la técnica en un molar en específico.

Estos resultados concuerdan con lo dicho por Padrós y cols.⁽⁹⁷⁾, quienes revelan que los sistemas de autograbado son más eficaces en dentina que en esmalte, al igual que Sanchez y cols.⁽⁹⁸⁾ quienes encontraron que un sistema de autograbado mostraba mayor microfiltración en esmalte que en dentina. Otro estudio de Mine y cols.⁽⁹⁹⁾, muestra que los sistemas de autograbado fallan más en esmalte que en dentina, pero ellos evaluaron fuerza adhesiva y no microfiltración.

El Single Bond Universal® es un ácido suave (pH 2.7) si se compara con el ácido ortofosfórico u otros adhesivos de autograbado fuertes, por lo que produce una desmineralización parcial de la hidroxiapatita, sin embargo, igual se obtiene suficiente porosidad para conseguir la retención micromecánica. Estos ácidos débiles crean una capa híbrida de menor grosor, pero ha sido probado que esto es

menos importante en lo que se refiere efectividad en la adhesión, ya que la preservación de hidroxiapatita dentro de la capa híbrida sirve como receptor para adhesión química adicional de algunos monómeros funcionales (como el 10 MDP) con el calcio y, por otro lado previenen la hidrólisis y la degradación enzimática de las fibras colágenas. Por lo tanto, una explicación a los resultados obtenidos es que en dentina, los autoadhesivos, proporcionan unión mecánica y química^(88,100,101,102,103).

En esmalte el mecanismo primario de adhesión se basa en la interdigitación micromecánica de una resina de baja viscosidad en las microporosidades⁽¹⁰⁴⁾, por lo tanto la extensión y la profundidad del grabado va a influenciar la efectividad en la adhesión en esa área, y éstas a su vez van a depender de la acidez del agente acondicionador⁽¹⁰⁵⁾. Por lo tanto, según algunos autores, el grabado total y lavado, sigue siendo la mejor opción, ya que no sólo garantiza una adhesión más duradera, sino que además sella y, como consecuencia, protege la adhesión a dentina (que es más compleja y vulnerable)^(106,107,108). Las investigaciones revelan que al usar sistemas autoadhesivos en esmalte, estos no lo desmineralizan con la misma profundidad con la que lo hace el ácido ortofosfórico, lo que resulta en una menor fuerza adhesiva y en la aparición de defectos marginales⁽¹⁰⁹⁾. Por esta razón, se recomienda la aplicación de un grabado ácido selectivo en esmalte, para obtener una mayor fuerza adhesiva y un buen sellado marginal^(97,110).

Por el contrario, según Borges y cols.⁽¹¹¹⁾ no existen diferencias de microfiltración en esmalte usando sistemas autoadhesivos y sistemas convencionales, esto podría explicarse ya que en esmalte los ácidos de estos sistemas autograbantes actuarían de manera similar a los ácidos usados en el sistema convencional^(112,113).

En contraposición con los resultados obtenidos en esta investigación, Monticelli y cols.⁽¹¹⁴⁾ hallan que, tanto en los sistemas de grabado total como en los sistemas autograbantes, la microfiltración marginal es mayor en dentina que en esmalte, lo que concuerda con los resultados obtenidos por Silveira y cols.⁽¹¹⁵⁾ quienes encuentran valores inferiores de microfiltración en esmalte al compararlo

con dentina utilizando tanto sistemas convencionales como de autograbado. Según otro estudio, en dentina, los sistemas de autograbado proveen mejor sellado que los sistemas convencionales, pero esta adhesión es siempre inferior que en esmalte^(112,115). Esto a diferencia de lo encontrado por Tay y Pashley en el 2001 y Moura S.K. y cols. en el 2006, quienes concluyen que los sistemas de autograbado en dentina proveen adhesión inferior y una capa híbrida más delgada y con menos tags de resina que el sistema convencional^(113,116).

En estos adhesivos “all-in-one” la desmineralización que se produce es menor, esto debido a su pH relativamente alto (1.5 - 3.0), comparado con el pH del ácido ortofosfórico al 32-37% (0.43 - 0.02)⁽¹¹⁷⁾, lo que podría influenciar la fuerza adhesiva en estos sistemas. Ogata y cols.⁽¹¹⁸⁾ informaron que esta fuerza puede verse afectada también por diferencias en la cantidad de barro dentinario residual debido a la baja acidez de estos sistemas.

Actualmente la efectividad clínica de los adhesivos modernos ha mejorado significativamente, lo que permite que el éxito de las restauraciones adhesivas sea altamente predecible, pero a pesar de los avances que se han obtenido en esta materia, la microfiltración marginal continúa siendo una gran debilidad en la odontología restauradora y ningún sistema adhesivo logra evitarla completamente^(93,97). Además, existe gran controversia en la bibliografía revisada con respecto al uso de los adhesivos de autograbado. Es por este motivo que la investigación en este tema posee gran relevancia clínica y nos permite avanzar en la utilización de nuevas técnicas que logren reducir la microfiltración marginal, aumentando así la vida útil de las restauraciones de resina compuesta.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que fue realizado este experimento y con los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- ❖ La utilización de sistemas adhesivos de autograbado en el proceso de cementación de resinas compuestas indirectas no elimina la microfiltración marginal en ningún segmento del diente.
- ❖ Existen diferencias en el grado de microfiltración marginal en esmalte y a nivel del límite amelocementario de restauraciones indirectas de resina compuesta cementadas utilizando sistemas adhesivos de autograbado.
- ❖ Con el análisis estadístico, se determinó que la microfiltración marginal medida a nivel de esmalte es mayor, presentando diferencias estadísticamente significativas en relación a la microfiltración marginal a nivel del límite amelocementario.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) Macchi R (2009). Materiales Dentales. 4a Edición- 1ª Reimpresión. Buenos Aires: médica Panamericana.
- (2) Villaizán, C., Aguilar, M. (2012). Estudio de la prevalencia de caries y su relación con factores de higiene oral y hábitos cariogénicos en escolares. Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría.
- (3) Fontana M, Young D, Wolff M, Pitts N, Longbottom C. (2010). Defining Dental Caries for 2010 and Beyond. Dent Clin N Am, 54: 469-78.
- (4) Craig R, O. W. (1988). Dental Materials. Saint Louis: Mosby Company.
- (5) Toledano M, Osorio R, Sánchez F, Osorio E. (2003). Arte Y Ciencia de los Materiales Odontológicos. Barcelona: Lexus.
- (6) De La Macorra JC (1999). La contracción de polimerización de los materiales restauradores a base de resinas compuestas. Odontol Cons; 2:24-35.
- (7) García A, Martínez MA, Cabanes J, Barjau A, Fos P (2006). Composite resins. A review of the materials and clinical indications. Med Oral Patol Oral Cir Bucal; 11:E215-20.
- (8) Zenni L, Pisani J, Guilherme M, Neves F, Mieko E, Del Castillo R (2008). Restauraciones indirectas de composite: conceptos generales y propuesta clínica de utilización. Quintessence (ed. Esp) 21(1): 1-7.
- (9) Garbin C, Alberton S, Mezzono E (2010). Cementos y Cementaciones. En: Mezzono E, Makoto R y cols, Rehabilitación Oral Contemporánea. Tomo II, 1ª Edición, Editora Santos, pp. 791-823.
- (10) Bertoldi A (2000). Odontología adhesiva y prótesis. Revisión bibliográfica. La Carta Odontológica 5(16): 19-26.
- (11) Pegoraro T, Da Silva N, Carvalho R (2007). Cements for Use un Esthetic Dentistry. Dent Clin N Am. 51: 453-471.
- (12) Pisani J (2010). Estudio in vitro de la eficiencia de unión de cementos autoadhesivos a sustratos biológicos y no biológicos en Odontología: Efectos de pretratamiento de superficie. Tesis doctoral para optar al título

de Doctor en Odontología. Facultad de Odontología, Universidad de Granada.

- (13) Burgess J, Ghuman T, Cakir D (2010). Critical Appraisal. Self-Adhesive Resin Cements. Journal Compilation, Wiley Periodicals, INC. 22(6):412-419.
- (14) Buonocore Mg (1955). A Simple Method Of Increasing The Adhesion Of Acrylic Filling Materials To Enamel Surfaces. J Dent Res. 34:849–853.
- (15) Nakabayashi N. y cols (1991). Hybrid Layer as a dentin-bonding mechanism. J of esthetic and restorative dentistry. 3; 133-138.
- (16) Peñaloza O. (1998). Descripción al MEB de la capa híbrida y tags de resina con sistemas adhesivos monocomponentes in vivo. Trabajo de investigación para optar al título de cirujano-dentista. Facultad de Odontología, Universidad de Chile.
- (17) Owens B, Johnson W, Harris E. (2006). Marginal permeability of self-etch and total-etch adhesive systems. Operative Dentistry, 31(1): 60-67.
- (18) Perdigao J, Frankerberger R, Rosa BT, Breschi L (2000). New trends in dentin/enamel adhesion. Am J Dent;13(Spec No):25D-30D.
- (19) Lutz F., Krejci I., Barbakow F. (1991). Quality and durability of marginal adaptation in bonded composite restorations. Dent Mater; 7(2): 107-13
- (20) Ehrmantraut M, Terrazas P y Leiva M. (2011). Marginal sealing in indirect restorations, cemented with two different adhesive systems. Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabil. Oral Vol. 4(3); 106-109.
- (21) Gomes M.A (2004) .Sistemas Adhesivos Autograbadores En Esmalte: Ventajas E Inconvenientes. Av. Odontoestomatol; 20-4: 193-198.
- (22) Hara AT, Amaral CM, Pimenta LA, Sinhoreti MA (1999). Shear bond strength of hydrophilic adhesive systems to enamel.Am J Dent;12(4):181-4.
- (23) Azevedo Neiva Nunes VM (1994). Avaliacao clínica de pacientes portadores de lesoes dentarias caviciais nao cariosas, relacionadas com alguns aspectos físicos, químicos e mecánicos da cavidade bucal. Bauru.
- (24) Urzúa I (2008). Introducción. En: Moncada G., Urzúa I. Cariología Clínica Bases Preventivas y Restauradoras. Primera Edición. Santiago, Chile.

- (25) Barrancos J (2006). *Operatoria Dental*. 4ª Edición. Buenos Aires: Médica.
- (26) Anusavice K (2004). *Phillips Ciencia de los materiales dentales*. Madrid: Elsevier: 381-398.
- (27) Leinfelder K (1985). Composite Resins. *Dent Clin North Amer.*; 29: 359-372.
- (28) Albers, H. (1988). *Odontología Estética. Selección y colocación de Materiales*. Primera edición. Labor. Barcelona; p. 21-25.
- (29) Bowen RL (1963). Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. *J Am Dent Assoc*; 66:57–64.
- (30) Holter D, Frey H, Mulhaupt R (1997). Branched bismethacrylates based on Bis-GMA. a systematic route to low shrinkage composites. *Polymer Preprints*;38:84–5.
- (31) Bayne S, Heymann H and Swift E (1994). Update on dental composite restorations. *J Am Dent Assoc.*; 125(6), 687-701.
- (32) Sarkar NK, Karmaker A, Prasad A, Shih F (1999). Simulation of in vivo degradation of dental composites. *J Mater Sci Let*. 18: 1749-52.
- (33) Mohsen N., Craig R (1995). Effect of silanation of fillers on their dispersability by monomer systems. *J. Oral Rehabil*. 22: 183-189
- (34) Yearn, J (1985). Factors affecting cure of visible light activated composites. *Int. Dent. J.*; 35:218-225.
- (35) Rueggeberg F. Caughman W. Curtis J. Davis H. (1993). Factors affecting cure at depths within light activated resin composites. *Am J. Dent.*; 6:91-95.
- (36) Leinfelder K, Broome J (1994). In vitro and in vivo evaluation of a new universal composite resin. *J Esthet Dent* 6:177-183.
- (37) Laella R, Lambrechts P, Van Meerbeek B, Vanherle G (1999). Polymerization shrinkage and elasticity of flowable composites and filled adhesives. *Dent Mater*; 15:128-37.
- (38) Mc Cabe J. Kagi S. (1991). Mechanical Properties of a composite inlay material following post-curing. *Br. Dent J.*; 246-248.

- (39) Tsitrou EA, Helvatjoglu-Antoniades M, Van Noort R. (2010). A preliminary evaluation of the structural integrity and fracture mode of minimally prepared resin bonded CAD/CAM crowns. *J Dent.*;38(1):16-22.
- (40) Wassel RW, Walls AW, McCabe JF. (1995). Direct composite inlays versus conventional composite restorations: three-year clinical results. *Br Dent J.*;179(9):343-9.
- (41) Peixoto RT, Poletto LT, Lanza MD, Bueno VT (2002). The influence of occlusal finish line configuration on micro leakage of indirect composite inlays. *J Adhes Dent*; 4 (2): 145-50
- (42) Feilrer A., de Gee AJ. y Davidsan CL. (1988) Cunnng contraction of composites and glass- ionomer cements. *J Pros Dent* 59(3):297- 300.
- (43) Soares CJ, Celiberto L, Dechichi P, Fonseca RB, Martins LRM (2005). Marginal integrity and microleakage of direct and indirect composite inlays - SEM and stereomicroscopic evaluation. *Braz Oral Res.*;19(4):295-301.
- (44) Small BW (2002). Clinical tips for improved composite resin inlays. *Gen Dent*; 50 (5): 412-4
- (45) Calatrava L (2009). Protocolo para selección de un cemento adhesivo. *Revista Odontológica de Los Andes* 4(2): 79-88.
- (46) Bader M, Rivera C y Astorga C (2004). Fenómenos de superficie y adhesión en odontología. En: Astorga C., Bader M., Baeza R., Ehrmantraut M., Rivera C., Vergara J. (2004). "Texto de biomateriales Odontológicos". Primera Edición. Facultad de Odontología. Universidad de Chile. Tomo I. pp 67-88
- (47) Ahmad I (2012). Red Bonding: Predictable Cementation Of Indirect Esthetic Restorations. *Cosmetic Dentistry International* 6(1): 22- 32.
- (48) De Munck J., Van-Launduyt K., Peumans M., Poitevin A., Lambrechts P., Braem M., Van-Meerbeek B (2005). A critical review of the durability of adhesión to tissue: methods and results. *J Dent Res*; 84(2): 118-132.
- (49) Hill E (2007) Dental Cements for Definitive Luting: A Review and Practical Clinical Considerations. *Dent Clin N Am* 51: 643-658
- (50) Berrios E, Porto Neto S (2004). Respuesta pulpar frente a diferentes agentes cementantes. *Rev Estomatol. Herediana* 14 (1-2): 84-88

- (51) Attar N, Tam L, McComb D (2003). Mechanical and physical properties of contemporary dental luting agents. *J Prosthet Dent* 89 (2): 127-134.
- (52) Rosentiel SF, Land MF, Crispin BJ (1998). Dental luting agents: a review of the current literature. *J Prosthet Dent.* 80(3): 280-301.
- (53) Chain M, Baratieri L (2001). Restauraciones estéticas con resina compuesta en dientes posteriores. São Paulo: Ed. Artes médicas.
- (54) Weisner RS (2007). Dental Cements: a review and update. *Gen Dent* 55(4): 357-364.
- (55) Gomes OMM, Calixto AL (2004). Cimentacao adesiva. En: Gomes y cols. *Estética em clínica Odontológica*. Curitiba: Editora Maio, pp. 301- 330.
- (56) Vieira GF y cols (1995). Restauracoes estéticas indiretas em dentes posteriores; inlay e onlay. Sao Paulo: Ed. Santos.
- (57) Blunck U. (2008). Sistemas adhesivos: revisión y recomendaciones para su aplicación. *Quintessenz Team-Journal*; 38:327-37.
- (58) Carpena G., Greenhalgh D., Klauss P., Mussi G., Widmer N. (2007). Enamel Acid Etching: A Review. *Compendium*;28(1):662-669.
- (59) Reyes J (2001). Estudio Del Esmalte Dental Humano Por Microscopia Electrónica Y Técnicas Afines. *Rev. Latinam. Met. Mat.* Vol.21, N.2; 81-85.
- (60) O'Brien W. (1997). "Dental materials and their selection". Segunda Edición. Editorial Quintessence Int. p. 39-48. cap. IV
- (61) Frankenberger R, Perdigão J, Rosa B, Lopes M (2001). 'No-bottle' vs 'multi-bottle' dentin adhesives a microtensile bond strength and morphological study. *Dent Mater*; 17: 373-380.
- (62) Ikemura K, Tay FR, Nishiyama N, Pashley DH, Endo T (2006). Design of new phosphonic acid monomers for dental adhesives —Synthesis of (meth)acryloxyalkyl 3-phosphonopropionates and evaluation of their adhesion-promoting functions. *Dent Mater J*; 25: 566-575.
- (63) Paraizo Ma, Cunha I, Hostílio Kr (2007). Influence Of Two Self-Etching Primer Systems On Enamel Adhesion. *Braz. Dent. J.*, Ribeirão Preto, V. 18, N. 2.

- (64) Li HP, Burrow MF, Tyas MJ (2001). The effect of long-term storage on nanoleakage. *Oper Dent*; 26(6):609-16.
- (65) Miyazaki M, Sato M, Onose H (2000). Durability os enamel bond strength of simplified bonding systems. *Oper Dent*; 25(2):75-80.
- (66) Fusayama T, Nakamura M, Korosaki N, Iwaku M. Nonpressure (1979). Adhesion of a new adhesive restorative system. *J Dent Res*; 58:1364-1370.
- (67) Nakabayashi N (1982). Resin reinforced dentin due to infiltration of monomers into the dentin at the adhesive inter-face. *Dent Mater*; 1:78-81.
- (68) Van Meerbeeck et al.: (2001) Adhesives and Cements to promote preservation dentistry. *Opero Dent. Suppl.* 6,2001, 119-44.
- (69) Asmussen E. (1985). Clinical relevance of physical, chemical and bonding properties of composite resins. *Op Dent*; 10: 61-73.
- (70) Pashley D, Carvalho R (1997). Dentine permeability and dentine adhesion. *J Dent*; 25 (5): 335-372.
- (71) Nakabayashi N (1984). Biocompatibility and promotion of adhesion to tooth substances. *Biocompatibility*; 1: 25-52.
- (72) Hashimoto M. Ohno H. Sano H. Kaga M. Oguchi H. (2003). Degradation Patterns of Different Adhesives and Bonding Procedures. *J. Biomed. Mater. Res. Part B: Appl. Biomater.*; 66: 324-30.
- (73) Souza F. B. (2004). Influência da Remoção do Colágeno sobre a Adesão Dentinária. Recife, (Dissertação de Mestrado em Odontologia). Recife: Universidade Federal de Pernambuco.
- (74) Kanca J (1992). Effect of resin primer solvents and surface wetness on resin composite bond strength to dentin. *Am J Dent* 1992;5:213-5.
- (75) Nakajima M. et al (1999). Bonding to caries-affected dentin using self-etching primers. *Am J Dent* 1999;12(6):309-14.
- (76) Sánchez. F, Osorio. R, Toledano. M (2004). Control del colapso del colágeno: sistemas autograbadores. *Av Odontoestomatología*: 20-4:175-183.
- (77) Lopes GC, Baatieri LN, de Andrada MA, Vieira LC (2002). Present state of the art and future perspectives. *Quintessence Int*; 33(3):213-224.

- (78) Valenzuela V, García D, Zamorano X (2012). Micromorfología de la capa híbrida de dos sistemas adhesivos. Análisis al MET. Avances en odontoestomatología Vol. 28 - Núm. 3: 133-140.
- (79) Van Meerbeek S, Dhem A, Goret-Nicaise M, Sraem M, Lambrechts P, Vanherle G. (1993). Comparative SEM and TEM examination of the ultrastructure of the resin-dentin interdiffusion zone. J Dent Res;72:495-501.
- (80) Breschi L, Perdigao J, Lopes, MM. y cols. (2003). Morphological study of resin-dentin bonding with TEM and In-Lens FESEM. Am J Dentistry; 16(4):267-74.
- (81) Toru Nikaido et al (2009). Assessment of the nanostructure of acid-base resistant zone by the application of all in one adhesive systems: Super dentin formation. Bio-Medical Materials and Engineering;19(2-3):163-71.
- (82) Cedillo J, Espinoza R, Valencia R, Ceja I (2012) Marginal adaptation and hybridization of self-etch adhesives. An in vivo study. Marginal adaptation and hybridization of self-etch adhesives. An in vivo study. revista ADM. vol. lxxix no. 2: 76-82.
- (83) Latta M, Naughton W, Scalon C (2010). Adhesión de composite a dentina y esmalte utilizando adhesivos auto-grabadores. Dentsply España y Portugal.
Obtenido de: <http://www.dentsply.es/Noticias/clinica4404.htm> (fecha de acceso 21/12/2012)
- (84) Davidson CL, De Gee AJ, Feilzer A (1984). The Competition between the composite-dentin bond strength and polymerization contraction stress. J Dent Res; 63:1396-1399.
- (85) Braga RR, Ballester RY, Ferracane JL (2005). Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: A systematic review. Dent Mater; 21(10): 962-970.
- (86) Mjör IA, Gordan VV (2002). Failure, repair, refurbishing and longevity of restorations. Oper Dent; 27:528-534.
- (87) Manhart J, Chen H, Hamm G & Hickel R (2004) Buonocore Memorial Lecture. Review of the clinical survival of direct and indirect restorations in

posterior teeth of the permanent dentition. *Operative Dentistry* 29(5) 481-508.

- (88) Yazici AR, Baseren M, Dayangac B. (2002). The effect of current-generation bonding systems on microleakage of resin composite restorations. *Quintessence Int*;33:763-769
- (89) Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, Van Landuyt K, Lambrechts P & Vanherle G (2003) Buonocore Memorial Lecture. Adhesion to enamel and dentin: Current status and future challenge. *Operative Dentistry* 28(3) 215-235
- (90) Silva et al (2006). Microleakage in Conventional and Bonded Amalgam Restorations. *Operative Dentistry*, 31-3, 377-383
- (91) Hilton TJ, Schwartz RS, Ferracane JL (1997). Microleakage of four class II resin composite insertion techniques at intraoral temperature. *Quintessence Int*; 28:135-44.
- (92) Thonemann B, Fenderlin M, Schmalz G et al (1999). Total bonding vs selective bonding: marginal adaptation of class II composite restorations. *Oper Dent*; 24:261-71.
- (93) Van Meerbeek B, Perdigão J, Lambrechts P & Vanherle G (1998) The clinical performance of adhesives. *Journal of Dentistry* 26(1) 1-20
- (94) Robles V, Lucena C, Gonzalez MP, Ferrer C (2002). Estudio de microfiltración con nuevos materiales alternativos para el sector posterior. *RCOE*; 7(5): 481-486.
- (95) De Almeida J.B., Platt J.A., Oshida Y., Moore B.K., Cochran M.A. y Eckert G.J (2003). Three different methods to evaluate microleakage of packable composites in class II restorations. *Oper Dent*;28:453-60.
- (96) Heintze S, Forjanic M, Cavalleri A (2008). Microleakage of Class II Restorations with Different Tracers- Comparision with SEM Quantitative Analysis. *J Adhes Dent*; 10: 259-267.
- (97) Padrós J, Monterrubio M, Padrós E (2003). Adhesivos autograbantes: ¿Grabar o no grabar?. *RCOE*; 8(4): 363-375.
- (98) Sánchez A, Farias A, Vilanova L, Gomes J, Gomes O (2013). Marginal microleakage of class V resin-based composite restorations bonded with six one-step self-etch systems. *Braz. oral res.*; 27(3): 225-230.

- (99) Mine A, De Munk J, Cardoso M, Van Landuyt K, Poitevin A, Kubok T y cols. (2009). Bonding effectiveness of two contemporary self-etch adhesives to enamel and dentin. *Journal of Dentistry*; 37(11): 872–883
- (100) Breschi L, Mazzoni A, Ruggeri A, Cadenaro M, Di Lenarda R, De Stefano DE (2008). Dental adhesion review: aging and stability of the bonded interface. *Dent Mater*;24:90–101.
- (101) Armstrong SR, Jessop JL, Vargas MA, Zou Y, Qian F, Campbell JA, et al. (2006). Effects of exogenous collagenase and cholesterol esterase on the durability of the resin–dentin bond. *J Adhes Dent*;8:151–60.
- (102) Pashley DH, Tay FR, Yiu C, Hashimoto M, Breschi L, Carvalho RM, et al. (2004) Collagen degradation by host-d -derived enzymes during aging. *J Dent Res*;83(3):216-21.
- (103) Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, Nakayama Y, Okazaki M, Shintani H, et al (2004). Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *J Dent Res*;83:454–8
- (104) M.G. Buonocore, A. Matsui, A.J. Gwinnett. (1968). Penetration of resin dental materials into enamel surfaces with reference to bonding. *Archives of Oral Biology*, 13, pp. 61–70.
- (105) K.L. Van Landuyt, P. Kanumilli, J. De Munck, M. Peumans, P. Lambrechts, B. Van Meerbeek (2006). Bond strength of a mild self-etch adhesive with and without prior acid-etching. *Journal of Dentistry*, 34 (1): 77–85.
- (106) Toledano M, Osorio R, de Leonardi G, Rosales-Leal JI, Ceballos L, Cabrerizo-Vilchez MA (2001). Influence of self-etching primer on the resin adhesion to enamel and dentin. *Am J Dent*;14:205–10.
- (107) Erickson RL, Barkmeier WW, Kimmes NS (2009). Bond strength of self-etch adhesives to pre-etched enamel. *Dent Mater*;25:1187–94.
- (108) Rotta M, Bresciani P, Moura SK, Grande RH, Hilgert LA, Baratieri LN, et al (2007). Effects of phosphoric acid pretreatment and substitution of bonding resin on bonding effectiveness of self-etching systems to enamel. *J Adhes Dent*;9:537–45.

- (109) Peumans M, De Munck J, Van Landuyt KL, et al. Eight-year clinical evaluation of a 2-step self-etch adhesive with and without selective enamel etching. *Dent Mater* 2010;26:1176–84.
- (110) Brackett WW, Ito S, Nishitani Y, Haisch LD, Pashley DH (2006). The microtensile bond strength of self-etching adhesives to ground enamel. *Oper Dent.*;31(3):332-7.
- (111) Borges M, Cunha I, Cervantes K. (2007). Influence of two self-etching primer systems on enamel adhesion. *Brazilian Dental Journal* , 18(2), 113-118.
- (112) Inoue S, Van Meerbeek B, Vargas M, Lambrechts P, Vanherle G (2000) Adhesion mechanism of self-etching adhesives in Tagami J, Toledano M, Prati C (eds) *Advanced Adhesive Dentistry Proceedings book of the Granada 3rd International Kuraray Symposium: December 3-4, 1999, Cirimido: Grafiche Erredue* p 131-148.
- (113) Tay FR, Pashley DH (2001). Aggressiveness of contemporary self-etching systems. Part I: Depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mat*; 296-308.
- (114) F. Monticelli, M. Toledano, A. Simoes Silva, E. Osorio, R. Osorio (2008). Sealing effectiveness of etch-and-rinse vs self-etching adhesives after water aging: influence of acid etching and NaOCl dentin pretreatment. *J Adhes Dent*, 10. pp. 183–188
- (115) Silveira de Araújo C, Incerti da Silva T, Oqliari FA, Meireless SS, Piva E, Demarco FF (2006). Microleakage of seven adhesive systems in enamel and dentin. *J Contemp Dent Pract*;31:26–33.
- (116) Moura SK, Santos JF, Ballester RY (2006). Morphological characterization of the tooth/adhesive interface. *Brazilian Dental Journal* , 17(3), 179-185.
- (117) Perdigao J, Lambrechts P, van Meerbeek B, Tome AR, Vanherle G, Lopes AB (1996). Morphological field emission-SEM study of the effect of six phosphoric acid etching agents on human dentin. *Dent Mater*; 12:262-271.

- (118) Ogata M, Harada N, Yamaguchi S, Nakajima M, Tagami J (2002).
Effect of self-etching primer vs phosphoric acid etchant on bonding to bur-
prepared dentin. Oper Dent;27:447-454.

ANEXO

CONSENTIMIENTO INFORMADO

TOMA DE MUESTRAS DENTARIAS PARA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“Estudio comparativo *in vitro* de la microfiltración marginal en la cementación con sistemas autoadhesivos de restauraciones indirectas de resina compuesta con márgenes en esmalte y en cemento/dentina”

El propósito de esta información es ayudarle a tomar la decisión de participar, o no, en una investigación médica.

La alumna Francisca Jesús Díaz Martínez, de Odontología de la Universidad de Chile que realiza su Tesis de Pregrado en el Departamento de Odontología Restauradora de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile, bajo la tutoría del Dr. Manuel Ehrmantraut, está realizando un estudio cuyo objetivo es medir el grado de microfiltración marginal en restauraciones indirectas de resina compuesta en piezas molares sanos. Por esta razón que le solicitamos nos done y permita estudiar las piezas dentarias que le serán extraídas por indicación terapéutica.

Todos los datos relacionados con su persona e información personal serán guardados de forma confidencial. Las muestras serán almacenadas indefinidamente, con un código, hasta su utilización en el laboratorio para el fin anteriormente explicado y se utilizarán únicamente para el propósito de esta investigación.

Su participación en esta investigación es completamente voluntaria, sin que su decisión afecte la calidad de la atención médica que le preste nuestra institución. Usted no se beneficiará económicamente por participar en esta investigación y el estudio no tendrá costos para usted.

Es posible que los resultados obtenidos sean presentados en revistas y conferencias médicas, sin embargo su identidad e información personal no será divulgada.

Si usted desea conocer los resultados de los análisis, deberá preguntarle al alumno responsable (Nombre: Francisca Díaz Martínez; Teléfono: 9-4330116).

He leído lo anteriormente descrito, se me ha explicado el propósito de esta investigación médica y mis dudas han sido aclaradas. Con mi firma voluntaria de este documento consiento a donar mis dientes extraídos para este estudio de investigación. Se me entregará una copia firmada de este documento y si solicito información, ella me será entregada por los investigadores.

Nombre del donante

Fecha

Firma del donante

Nombre del individuo que obtiene el consentimiento

Firma