



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ODONTOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLÓGÍA RESTAURADORA**

**“Influencia de los tiempos de fotopolimerización
del adhesivo en la conductancia hidráulica
dentinaria mediante un modelo *in vitro*.”**

Susana Torrejón Fuentes

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

Adscrito a Proyecto de Investigación

PRI –ODO 12-007

**TUTOR PRINCIPAL:
Prof. Dr. Eduardo Fernández Godoy.**

**TUTORES ASOCIADOS:
Dra. Andrea Werner
Dra. Claudia Letelier**

**SANTIAGO - CHILE
2014**

Agradecimientos

Agradezco a todos quienes hicieron posible la realización de este proyecto. Al doctor Eduardo Fernández por acogerme tan abiertamente como miembro de su grupo de investigación. A la dra. Andrea Werner, quien ha sido una guía y apoyo fundamental en el transcurso de la carrera y de este proyecto. A la dra. Ana Yelitza Niño, por su increíble disposición y ayuda en la recolección de las muestras.

Agradezco muy especialmente a mis padres Blanca Fuentes y Santiago Torrejón a quienes quiero nombrar expresamente, pues sin su apoyo, amor, paciencia, tolerancia, guía, exigencia y cariño, nada de esto habría sido posible.

Agradezco a mi hermana Gina Torrejón, quien ha estado conmigo, en todo momento, levantándose después de cada caída, dándome su apoyo y mostrando una fe incondicional en mi persona.

Agradezco a Javier, mi gran amor, quien ha puesto su hombro sostenedor, tierno, amable en cada momento de este difícil y enriquecedor proceso. Quien me ha enseñado que en la vida no hay desafío grande, y que en cada tarea que emprenda siempre podré contar con él.

“Dedicada a mi familia, a mí gran amor y todos quienes luchan por su sueños superando todas las adversidades”

ÍNDICE

Resumen	6
Introducción.....	3
Marco teórico	5
Tamaño del área expuesta	6
Estructura y química del tejido involucrado.....	6
Grosor y presión de filtración	6
Tamaño de la partícula.....	7
Componente pulpar	7
Temperatura.....	7
Barro Dentinario	8
Grabado Ácido.....	8
Adhesión Dentinaria.....	12
Técnica de Grabado Total	14
Sistema Adhesivo Dental Single Bond Universal 3M ESPE ®.....	15
Hipótesis.....	19
Hipótesis Nula:.....	19
Objetivos.....	20
Objetivo General:	20
Objetivos Específicos:	20
Materiales y Métodos.....	22
Materiales:.....	22
Métodos	23
Ánalysis estadístico.....	29
Resultados	30
Tabla 3: Análisis Descriptivo de las mediciones de la conductancia hidráulica	32
Discusión	35
Conclusión.....	40
Bibliografía	41
ANEXOS.....	47

Resumen

El objetivo de este estudio es determinar, mediante un modelo in vitro, la influencia de los tiempos de exposición a la luz de fotocurado del sistema adhesivo Single Bond Universal en la conductancia hidráulica de la dentina.

Se utilizó una muestra de 63 terceros molares humanos, en inclusión y libres de caries, obtenidos previo consentimiento informado de pacientes entre 18 y 30 años. Se desinfectaron durante 24 horas en una solución de timol al 0,1% y luego se conservaron en suero fisiológico a temperatura ambiente. Los dientes estudiados fueron incluidos en bloques de resina epóxica, previo grabado con ácido ortofosfórico al 37%. Estos bloques fueron cortados transversalmente en la zona coronal del diente mediante una recortadora diamantada y con uso de refrigeración abundante (ISOMET BUEHLER LER LAKEBUFF IL, USA), obteniéndose discos de dentina de 1mm de grosor ($\pm 0,2$ mm). Luego a cada disco se le realizó grabado ácido por ambos lados con ácido ortofosfórico al 37%, para eliminar el barro dentinario.

Las muestras fueron divididas en 5 grupos: un grupo control de 15 discos y 4 grupos experimentales de 12 discos cada uno. El grupo control no fue sometido a tratamiento adhesivo. A los 4 grupos experimentales se les aplicaron 2 capas de adhesivo Single Bond Universal 3M ESPE las cuales se polimerizaron por 10, 20, 40 y 60 segundos respectivamente según el grupo al que pertenecieran (grupo 1 polimerización por 10 segundos, grupo 2 por 20 segundos, grupo 3 por 40 segundos y grupo 4 por 60 segundos). Se midió la tasa de flujo de las muestras mediante el modelo experimental de cámara de difusión, desarrollado y validado por Pashley y cols. y se determinó la conductancia hidráulica de cada una de los discos.

Los valores obtenidos fueron tabulados y analizados estadísticamente. Mediante el test de Shapiro Wilk, se comprobó la normalidad de la distribución de la

muestra. Se compararon los grupos por medio del test de ANOVA ($p < 0,05$) y post hoc de Tukey (SPSSv15) obteniéndose como resultados promedio de la conductancia hidráulica de cada grupo: control (0,0433), grupo 1 (0,0099), grupo 2 (0,0089), grupo 3 (0,0112) y grupo 4 (0,0091) expresados en $\mu\text{l}/\text{min}\cdot\text{cm}^2$.

A partir de los resultados obtenidos se pudo concluir que existe una diferencia estadísticamente significativa de la conductancia hidráulica entre el grupo control sin tratamiento adhesivo y los grupos estudiados a los que se les aplicaron 2 capas de adhesivo (significancia de 0,000). No existe diferencia estadísticamente significativa de la conductancia hidráulica entre los grupos a los que se les aplicó el sistema adhesivo a diferentes tiempos de fotopolimerización ($p > 0,05$).

Introducción

El diente es un órgano formado por una serie de tejidos con características particulares: esmalte, dentina, cemento, pulpa y ligamento periodontal. De ellos, la dentina forma la mayor parte del diente, por lo que su microestructura y propiedades han sido ampliamente estudiadas, pues son fundamentales para definir el éxito de un procedimiento, ya sea preventivo o restaurador (1). La dentina es perforada por túbulos que se extienden desde la pulpa hasta la unión amelo-dentinaria, o hasta la unión cemento-dentinaria, que representan la vía por la que se dirige el proceso odontoblástico, además de albergar en su interior el líquido tisular, fibras nerviosas y colágeno (2). Corresponde a un tejido mineralizado, permeable, el cual a menudo se ve expuesto al medio oral ya sea por enfermedad o procesos restaurativos (2). Su permeabilidad es la propiedad que le permite formar un complejo dinámico con la pulpa. Sin embargo, un aumento brusco en la permeabilidad, dado por la exposición de la dentina al medio oral puede generar un incremento en la sensibilidad causando el movimiento del fluido al interior de los túbulos, lo que se traduce en molestias, dolor y/o en la afectación de las propiedades adhesivas de los materiales restauradores (5).

La permeabilidad de un tejido, es la propiedad que permite el paso de sustancias a través de él, en el caso del tejido dentinario este intercambio de sustancias permite una comunicación íntima y constante con el tejido pulpar (5).

Los primeros estudios acerca de la permeabilidad en dentina datan de la década del 40 y fueron realizados por Bodecker y Lefkowitz (6). En 1978 Reeders y cols. mediante un estudio *in vitro*, describieron por primera vez un sistema de cámara de difusión y micropipeta, con el cual evaluaron la velocidad de flujo del fluido a través de discos de dentina (7). Mediante este método, es posible evaluar también la permeabilidad de la dentina en cavidades profundas de piezas restauradas, y medir la capacidad de sellado de materiales restauradores (7,27).

Para comprender la permeabilidad en la dentina, es necesario conocer las características del flujo del fluido (bajo condiciones controladas) (7). Entendiendo que el fluido dentinario se comporta de manera laminar, es posible someterlo a la ley de Poiseuille, la que considera los factores físicos involucrados en el movimiento del fluido en la dentina. Para poder establecer comparaciones entre las permeabilidades de las piezas dentarias calculamos la conductancia hidráulica, que corresponde a la facilidad con la que el fluido (dentinario) puede moverse en un área o unidad de superficie bajo una presión y tiempo determinados (5).

La medida de la conductancia hidráulica in vitro ha permitido aportar información sobre los factores físicos que determinan el movimiento del fluido y la permeabilidad en la dentina. La conductancia hidráulica de la dentina es determinada por una serie de variables que incluyen la presión que mueve al fluido a través de la dentina, la longitud de los túbulos dentinarios, la viscosidad del fluido y el radio de los túbulos (5).

El estudio y comprensión de la permeabilidad dentinaria y los factores que la afectan, tiene una importancia fundamental en odontología, en relación a la capacidad de sellado que logran los sistemas adhesivos (5,31).

Los sistemas adhesivos actuales buscan la unión química con el diente y/o una unión mecánica por microtrabazón, a través de dos estrategias de unión, ya sea por lavado y enjuague, en donde se elimina el barro dentinario, o la técnica de grabado total, en donde el barro dentinario no se elimina y participa como sustrato en la unión (5). Sin embargo, una causa frecuente de fracaso en el proceso de adhesión es la presencia de humedad en la superficie adhesiva lo que genera una unión débil entre la resina y el diente. Se han desarrollado muchos estudios que buscan controlar este factor para mejorar la calidad de la unión (5,32).

La presente investigación busca determinar si existe una relación favorable que permita mejorar el rendimiento de un sistema adhesivo(Single Bond Universal) disminuyendo la permeabilidad en la dentina, al aumentar el tiempo de exposición a la luz de fotocurado, más allá de lo recomendado por el fabricante.

Marco teórico

La dentina es un tejido heterogéneo, formado en volumen, por una matriz colágena en un 30%,(que corresponde principalmente a colágeno tipo I, colágeno tipo V en pequeñas cantidades y proteoglicanos), una porción mineral (representada por cristales de hidroxiapatita carbonatada) que corresponde al 50% aproximadamente y un 20 % de agua (1).

Alberga en su interior a los túbulos dentinarios que la atraviesan en su totalidad hasta contactar con el tejido pulpar con quien mantienen directa comunicación, razón por la cual se conoce a esta diada como complejo pulpo dentinario (2). Al interior de los túbulos dentinarios se encuentra el proceso odontoblástico rodeado por dentina peritubular que es más mineralizada que la dentina que se ubica entre los túbulos denominada dentina intertubular, y que consta de una red de fibras de colágeno tipo I, fuertemente entrelazadas entre sí, donde se ubican los cristales de hidroxiapatita. Además cuenta con el fluido dentinario rico en iones calcio y fosfato (3).

La estructura de los túbulos, permite a la dentina poseer un contenido relativamente elevado de agua. Es debido a su naturaleza tubular, que la dentina es un tejido permeable en toda su extensión, desde su zona más interna cercana a la pulpa, hasta el límite más externo donde se une con el esmalte dentario (límite amelodentinario) (4).

La primera descripción de permeabilidad de sustancias a través de la dentina, fue hecha por Fritsch en 1914, sin embargo, la extrapolación de este término tomado de la fisiología e investigado en dentina fue mayormente realizada por Pashley y colaboradores (5).

La permeabilidad es una propiedad física que se define como la cualidad o estado de permitir el paso a fluidos, iones, moléculas, bacterias y/o partículas diminutas en o a través de una sustancia o tejido, bajo diferentes condiciones. En el caso de la dentina, este paso de sustancias se ve afectado e interferido por muchos factores, entre ellos: el área expuesta, la estructura y química del tejido

involucrado, el grosor del tejido y la presión que se ejerce durante el proceso, el tamaño mismo de la partícula involucrada y su posible interacción con la dentina, la proximidad a la cámara pulpar, la temperatura, la presencia de barro dentinario y el grabado ácido (5,30).

Tamaño del área expuesta: El tamaño del área expuesta a la filtración es directamente proporcional a la permeabilidad de la dentina, es decir, mientras mayor superficie dentinaria se expone, habrá mayor cantidad de túbulos presentes y por ende mayor filtración. Cabe destacar que la estructura dentaria no es constante en toda su extensión y varía dentro de un mismo diente, según el sector en el que estemos ubicados. Por ejemplo mientras más cerca a la pulpa dentaria, el número y diámetro de los túbulos es mayor, por lo que también lo es la permeabilidad en esa zona. Por lo tanto, bajo condiciones constantes en una zona de dentina determinada y de grosor definido, a mayor área de dentina expuesta al paso de fluidos habrá una mayor tasa de filtración (7).

Estructura y química del tejido involucrado: La estructura de la dentina, determina que la permeabilidad sea variable según la zona donde se mida, observándose una alta permeabilidad en regiones cercanas a la pulpa y los valores más bajos en el centro de la dentina del área oclusal.

La densidad y diámetro de los túbulos dentinarios aumenta a medida que se incrementa la profundidad hacia la pulpa desde la unión amelo-dentinaria, por lo tanto la permeabilidad de la dentina es muy baja en la unión amelo-dentinaria, consecuentemente es más alta en la zona pulpar profunda.

Por lo tanto la permeabilidad de la dentina es proporcional al número de túbulos y al diámetro de éstos, y ambos valores aumentan a medida que los túbulos convergen hacia la pulpa (5,8).

Grosor y presión de filtración: La longitud que tienen los túbulos dentinarios determina la facilidad con la que pueden filtrar los fluidos, y ésta a su vez es proporcional al grosor de la dentina, lo que es determinante en el proceso de filtración, es decir, mientras más gruesa sea la capa de dentina involucrada, ésta

opondrá mayor resistencia al paso de fluidos y por lo tanto filtrará menos. En consecuencia, la dentina más delgada en una preparación cavitaria, que posee túbulos dentinarios más cortos, es más sensible y más permeable que aquella de mayor grosor (9).

Con respecto a la presión, una capa de dentina de mayor grosor disipa la concentración del fluido, por lo tanto, al ser menos concentrado se ejerce menor presión de filtrado por lo que la filtración disminuye (10).

Tamaño de la partícula: Partículas más pequeñas filtran con mayor facilidad a través de los túbulos dentinarios, además disminuyen el riesgo de obliterarlos. Esto es fundamental al momento de determinar la permeabilidad, así como también la posible interacción de la partícula con el tejido dentinario (11).

Componente pulpar: Tanto la pulpa dental como el tejido dentinario, forman un complejo dinámico con capacidad de responder a estímulos injuriantes, poniendo en alerta al sistema inmunológico y generando la rotación del fluido intersticial, para hacer fisiológicamente a la dentina expuesta menos permeable, aumentando el flujo de salida del fluido, o alineando microscópicamente los túbulos con proteínas, depósitos minerales, o dentina terciaria, mejorando así las propiedades de la barrera dentinaria y proporcionando una protección adicional al tejido pulpar. Este proceso de aposición de dentina al interior del túbulo puede verse acelerado por trauma oclusal u otras formas de irritación de la pulpa, y puede ser más rápido en dientes deciduos que en permanentes (10,12).

En el caso de perder el tejido pulpar su vitalidad, la célula odontoblástica y su prolongación se destruyen, lo que ocasiona la obliteración, ya sea total o parcial, del túbulo dentinario, generando resistencia al interior del túbulo al paso de fluidos, afectándose así la permeabilidad (12).

Temperatura: Estudios efectuados por Pashley y cols. en dentina grabada y no grabada con ácido cítrico al 6%, demostraron que hay un incremento en la permeabilidad entre 1,8 a 4 veces más al aumentar la temperatura entre 10 y 40°C. Este fenómeno se debe a que con el incremento de la temperatura

disminuye la viscosidad del fluido y aumenta el diámetro de los túbulos dentinarios (14).

Barro Dentinario: Corresponde a una mezcla de pequeñas partículas de colágeno parcialmente desnaturalizado y minerales mezcladas con saliva o con cualquier otro líquido presente en la boca, formándose una película de desechos micro cristalinos que se depositan en los túbulos dentinarios, cubriendo su superficie y reduciendo así la permeabilidad de la dentina (12).

Dicha capa de barro se origina como resultado del tallado del esmalte y la dentina al realizar la preparación de las cavidades, o durante la ejecución de una instrumentación de conductos radiculares. Sin embargo, esta capa de desechos que obstruye la entrada de los túbulos es fácilmente removible mediante el grabado ácido de las superficies (12,30).

Grabado Ácido: El grabado ácido de la dentina genera un aumento en la conductancia hidráulica como resultado de un incremento en la filtración de fluidos a través de ella, medido a una presión constante. El grabado genera cambios profundos en la superficie dentinaria debido a la remoción del barro dentinario y de la fase mineral de la superficie dentinaria, que se encuentran ocluyendo los túbulos, lo que va a originar un marcado incremento en el movimiento del fluido a través de los mismos (7).

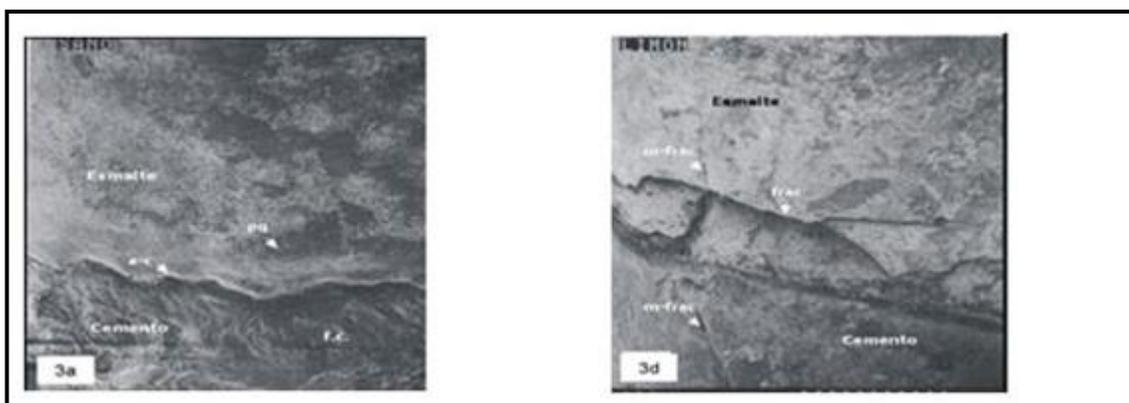
La permeabilidad de la dentina es una propiedad que le permite generar una constante relación con el medio externo manteniéndose abierta al paso de sustancias y enviar esta información hacia el tejido pulpar (15). Una vez que la dentina se ve expuesta al medio oral, el fluido al interior de los túbulos se mueve como respuesta a los estímulos térmicos, presión osmótica, evaporación o estímulos táctiles que la afecten. Estos movimientos en el fluido dentinario, son captados por las terminaciones nerviosas de los odontoblastos, causando la reacción de los fibroblastos cercanos y vasos sanguíneos, lo que origina una

respuesta dolorosa mediada por citoquinas e inflamación pulpar, cuya magnitud va a depender del grado de irritación mecánica, interrupción o daño que afecte al tejido (10).

Muchos autores han demostrado el movimiento del fluido dentinario, entre ellos Brannstrom quien le aplicó diversos estímulos a la dentina incluyendo presión hidrostática, corriente de aire, calor, presión negativa, frío y presión osmótica. Producto de estos estímulos, se produce el movimiento del fluido dentinario al interior de los túbulos, desde y hacia la pulpa, lo que estimula las terminales nerviosas traduciéndose en estímulos dolorosos de variable intensidad (13).

El grado de oclusión de los túbulos dentinarios afecta en gran medida el flujo del fluido. Brannstrom, Johnson, y Linden encontraron que la presión hidrostática necesaria para causar dolor y para producir el movimiento de fluidos en la dentina era de 1 a 3kg/cm². Sin embargo, este valor no es unánime, ya que existen discrepancias con otros autores respecto a la presión requerida para inducir el movimiento del fluido dentinario, las que se deben presumiblemente a las diferencias en la superficie dentinaria expuesta a la medición, las características de la dentina sometida a estudio, y la presencia de fracturas en la pieza dentaria (las que mantendrían más permeables a los túbulos dentinarios) (7,13).

Figura 1: Fotografía al microscopio electrónico de barrido de la superficie dentinaria.



En la figura de la izquierda se observa un diente sano y a la derecha, tejido dentario con microfracturas por consumo de limón las que harían al diente más permeable (16).

Para comprender el proceso físico que involucra el movimiento del fluido dentinario, debemos conocer cómo es la dinámica de los fluidos, la que se puede graficar mediante la ecuación de Poiseulle, la que establece los factores físicos involucrados en el movimiento del fluido en la dentina, correspondientes a: Presión pulpar (P), viscosidad del fluido dentinario (η), y longitud (l) y radio(r) de los túbulos dentinarios (17).

Figura 2: Ecuación de Poiseulle aplicada a la filtración a través de la dentina:

$$F_d = \frac{P \cdot r^4}{8 \cdot \eta \cdot l}$$

“ F_d ” es el volumen de flujo que aparece en la superficie de la dentina, “P” es la presión tisular intrapulpar, “r” es el radio tubular medio, “ η ” es la viscosidad del fluido dentinario, y “l” la longitud media de los túbulos.
(18)

Para poder comparar la permeabilidad entre las distintas piezas dentarias, se debe considerar que éstas poseen distintas áreas de dentina, además se debe conocer sus respectivas conductancias hidráulicas. La conductancia hidráulica se define como la facilidad con la que los fluidos pueden atravesar a través de una barrera permeable, en este caso la dentina, siendo sometidos a una presión hidrostática u osmótica, y bajo condiciones definidas, es decir, corresponde al flujo referido a la unidad de superficie a través de la cual se produce la filtración (17).

La ecuación para medir la conductancia hidráulica se muestra en la siguiente figura.

Figura 3: Ecuación para medir la conductancia hidráulica

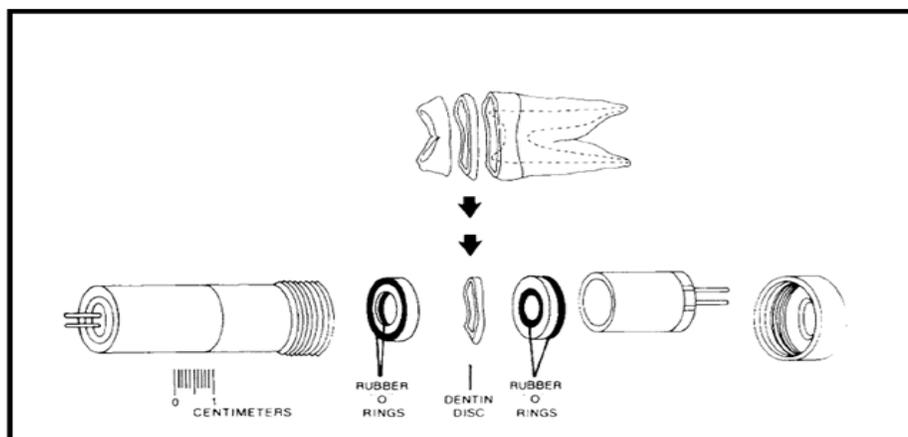
$$Ch = \frac{F}{A \cdot P \cdot t}$$

Ecuación de la conductancia hidráulica de la dentina. F es el flujo de fluido a través de la dentina. A el área de dentina a través de la cual se produce la filtración. P la presión hidrostática intrapulpal y t el tiempo en minutos. (18)

Muchos investigadores demostraron el movimiento del fluido a través de la dentina, sin embargo, una deficiencia común en los estudios realizados era que el flujo se medía bajo condiciones mal definidas y muchas de las variables no eran controladas. No obstante Reeders y cols. 1978, diseñaron un experimento en el que usaron discos de dentina, lo que les permitió definir de manera precisa el área de superficie expuesta y el grosor de la dentina a investigar. Como resultado de su investigación concluyeron que el grabado ácido de la dentina provoca un aumento en la filtración de fluidos a través de ésta, a una presión constante (aumenta la conductancia hidráulica) (7).

Su experimento consistió en una cámara de difusión como muestra la figura 4:

Figura 4: Cámara de difusión de Reeders



En el esquema se observa al centro el disco dentinario de un grosor predeterminado. Rodeándolo a ambos lados se encuentran los anillos que sellan la cámara y determinan el área de dentina que participará en la medición. Hacia la izquierda de la cámara, un dispositivo regulador que es conectado mediante un tubo de polietileno. El segundo tubo, ambas mitades derecha e izquierda, se conectan al disco. El tubo de salida del fluido en la mitad derecha se conectó a una pipeta de microlitros para medir la velocidad de desplazamiento en volumen. El desplazamiento del fluido ocurrió siempre de izquierda a derecha (7).

Adhesión Dentinaria

La microestructura de la dentina y sus propiedades son los principales determinantes en casi todos los tratamientos restauradores dentales. En las últimas décadas, ha habido un progreso significativo en terapias de restauración y prevención dental, que se ha basado en la mayor comprensión del proceso de caries y en la introducción de nuevas y efectivas técnicas de adhesión (17). Sin embargo, un problema que aún permanece es la falta de una comprensión detallada del proceso de adhesión dentinaria en sí mismo. La adhesión se define como el proceso de formación de una unión adhesiva, la cual consiste en 2 sustratos unidos, que en odontología corresponden a esmalte y dentina, raramente cemento radicular y la sustancia adherente aplicada (19).

El concepto de adhesivo dental se define como *"Material que colocado en capas finas sirve para adherir el material restaurador al diente, tanto a esmalte como a dentina"*. No obstante, esta definición está obsoleta pues hoy en día es imposible pensar en una correcta adhesión utilizando un solo material, es por ello por lo que parece más correcto que hablemos de sistemas adhesivos.

"Un sistema adhesivo es el conjunto de materiales que nos permiten realizar todos los pasos de la adhesión, es decir, nos permiten preparar la superficie dental para mejorar el sustrato para la adhesión, también nos permiten la adhesión química y micromecánica al diente y por último se unen adecuadamente al material restaurador" (19).

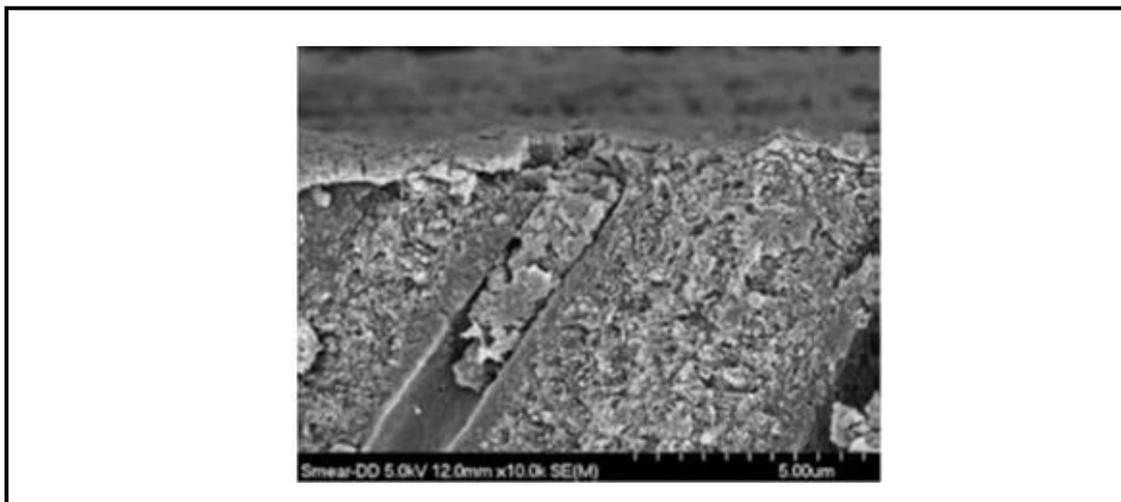
Los adhesivos dentales son soluciones de monómeros de resina que unen el material restaurador con el sustrato dental mediante una reacción de polimerización (19).

En 1955 Buoncore describió el uso de ácido ortofosfórico al 85% para mejorar la adhesión de una resina acrílica al esmalte. La naturaleza micromecánica de la interacción del adhesivo dental con el esmalte es el resultado de una infiltración de los monómeros de resina al interior de las microporosidades que deja la disolución del ácido sobre el esmalte, con la consecuente exposición de los cristales de hidroxiapatita y la polimerización de los monómeros en el interior de los poros de la superficie del esmalte (19).

Una de las mayores metas a alcanzar en las restauraciones adhesivas corresponde a lograr una adaptación íntima del material restaurador con el sustrato dental. Esta tarea es muy difícil de lograr, ya que el proceso de adhesión es diferente en esmalte y en dentina (20). Esto se debe a que la dentina es más húmeda y contiene mayor cantidad de materia orgánica que el esmalte. El esmalte posee un 96% en peso, de contenido mineral representado mayormente por cristales de hidroxiapatita mientras que la dentina contiene una cantidad significativamente mayor de agua y materia orgánica, principalmente colágeno tipo I. Esta humedad y naturaleza orgánica de la dentina hacen que la adhesión en este tejido sea extremadamente dificultosa.

Otra barrera que se debe sortear para lograr una adecuada adhesión a la estructura dental es la generación de barro dentinario como consecuencia del tallado de cavidades con instrumental rotatorio, el cual forma una capa uniforme que genera taponamientos en esmalte y dentina, obstruyendo principalmente la entrada a los túbulos dentinarios (19).

Figura 5: Fotografía electrónica de barrido de emisión de campo del barro dentinario.



En la figura se observa el barro dentinario y el taponamiento que produce en los túbulos dentinarios (23).

El barro dentinario constituye una barrera física que es necesario resolver para que los monómeros de resina de los adhesivos puedan tomar contacto directo con la superficie dentinaria. Es por este hecho que las diferentes clasificaciones de los sistemas adhesivos están dadas por las distintas estrategias de adhesión, las que dependen de cómo el adhesivo dental interactúa con este barro dentinario (21).

Una de estas técnicas adhesivas implica el grabado ácido de la superficie dentaria y su posterior lavado con el fin de remover el barro dentinario. Otra de las técnicas en cambio corresponde a los adhesivos autograbantes los cuales hacen permeable el barro dentinario sin removerlo completamente (22).

Técnica de Grabado Total

En esta estrategia de adhesión, la dentina y el esmalte son tratados con un ácido en gel, que comúnmente corresponde a ácido ortofosfórico (35 o 37%) para remover el barro dentinario y desmineralizar la zona más superficial de los cristales de hidroxiapatita. Posteriormente se aplica una mezcla de monómeros de resina (primer y adhesivo) disueltos en un solvente orgánico, que infiltran los túbulos de la dentina. Estos monómeros de resina ocupan los espacios que

quedan entre las fibras de colágeno de la dentina que anteriormente estaba ocupado por los cristales de hidroxiapatita. Esta infiltración genera una zona formada por colágeno, resina, hidroxiapatita residual y restos de agua, lo que corresponde a la zona de interdifusión resina-dentina o capa híbrida, descrita por primera vez en 1982 por Nakabayashi (22,23).

Esta unión química y micro mecánica entre el adhesivo y la superficie dentaria reduce significativamente la sensibilidad post operatoria, ya que genera un mejor sellado marginal y permite compensar, en parte, los efectos generados por la contracción de polimerización que sufre la resina compuesta (23).

Técnica de Autograbado

Esta técnica se basa en lograr una simplificación y reducción del tiempo de trabajo. Estos adhesivos no requieren por separado el paso de grabado y enjuague del ácido como una condición, ya que ellos graban el esmalte y la dentina simultáneamente por infiltración y disuelven parcialmente el barro dentinario y la hidroxiapatita, lo que genera una zona híbrida que incorpora minerales y parte del barro (23).

Los primeros sistemas adhesivos que ocupaban esta técnica estaban compuestos por dos soluciones: un primer ácido y una resina de unión. Actualmente se han creado sistemas autograbantes en una sola etapa (también llamados adhesivos “todo en uno”), que en su composición incorporan los componentes primarios de los sistemas adhesivos: primer, acondicionador y resina de unión, dentro de una única solución (23).

En el presente estudio se ha utilizado un adhesivo universal (Single Bond Universal de 3M ESPE), que puede ser utilizado con técnica de grabado total o autograbado, por la presencia de MDP entre sus componentes

Sistema Adhesivo Dental Single Bond Universal 3M ESPE ®.

Este sistema adhesivo fue diseñado para ser utilizado como un sistema fotopolimerizable para aplicaciones directas como son: restauraciones directas de

resina, carillas de porcelana, desensibilización de superficies radiculares y reparaciones de porcelana (24).

Está compuesto por una solución de agua, etanol, HEMA, BisGMA, dimetacrilatos, copolímero Vitrebond®, iniciador, además de silano y MDP (Metacriloxidecildihidrogenofosfato) como componentes adicionales (24,25).

El MDP es un monómero hidrofóbico que busca mejorar las propiedades de adhesión química ya que sus grupos fosfatos se unen químicamente a la hidroxiapatita remanente en las fibras de colágeno, por lo que logra grados de adhesión igual o superiores a los adhesivos convencionales. El silano, a su vez, permite la unión química del vidrio que contienen los materiales de cerámica, por lo que no se requiere la utilización de un primer para cerámica adicional para estos sustratos (26).

Puede ser utilizado con técnica de grabado total, autograbado o grabado selectivo. Sin embargo, se debe considerar que es vital para el éxito de la técnica adhesiva su aplicación en húmedo, debido a que subsecuentemente a la aplicación del grabado ácido, la red de colágeno se colapsa si la dentina es desecada, lo cual limita la penetración de los monómeros de resina dentro de esta red alterando la formación de la capa híbrida (26).

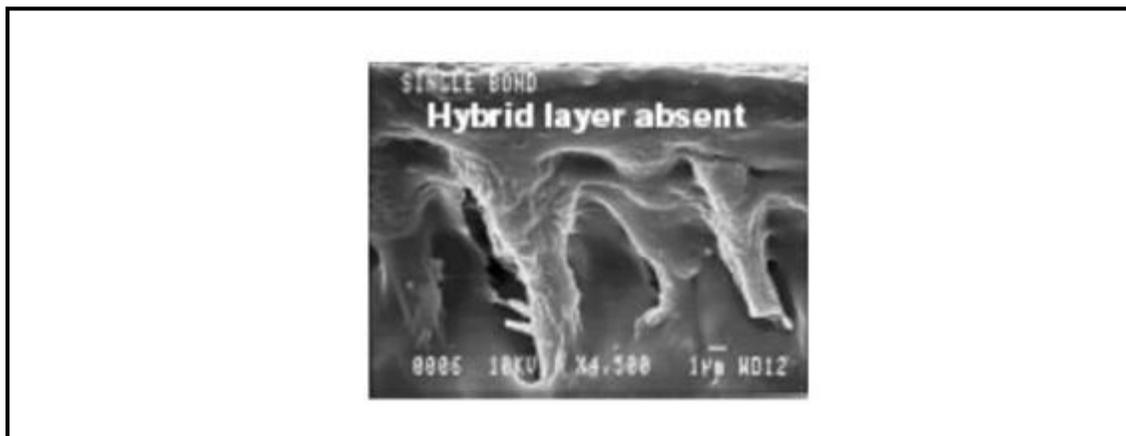
Figura 6: Formación de la capa Híbrida



En la figura se observa la formación de una capa híbrida con un grosor de 3-4 micrones después de la aplicación del Adhesivo 3M ESPE Adper Single

Bond sobre la dentina grabada. El exceso de humedad se removió mediante una tórula de algodón, después de enjuagar el grabador, dejando la superficie visiblemente húmeda (25).

Figura 7: Fotografía al microscopio electrónico de barrido de una capa híbrida deficiente.



En la figura 7 se observa una microfotografía electrónica de barrido donde se aprecia una formación deficiente y escasa de la capa híbrida, además de una mínima penetración de la resina dentro de los túbulos dentinarios producto de la desecación de la dentina. Careciendo de una capa híbrida, se puede esperar que las fuerzas adhesivas decrezcan (25).

La importancia de realizar estudios de permeabilidad en relación con la capacidad de sellado de los sistemas adhesivos es que el material restaurador toma un íntimo contacto con el diente, por lo que los sistemas adhesivos son los responsables de sellar esta interface resina-dentina previniendo la microfiltración y evitando el desalojo del material restaurador, lo que pondría en riesgo la integridad de la restauración (27).

Una de las razones a considerar, por las que puede fallar la unión resina-dentina, es por la pobre o insuficiente polimerización de las capas de adhesivo. Un estudio realizado por Reis y cols. evaluaron el efecto de los tiempos prolongados de polimerización en la fuerza de adhesión de las resinas en un período de seis meses, utilizando sistemas adhesivos de grabado total: Adper Single Bond 2 y One Step Plus, midiendo la calidad del polímero formado por el sistema adhesivo mediante un análisis termogravimétrico. Se observó una diferencia

estadísticamente significativa al fotopolimerizar el adhesivo durante 40 segundos, respecto a tiempos menores, evidenciándose en una mayor fuerza de unión. La razón expuesta para estos resultados es que a tiempos menores de polimerización del adhesivo, permanece retenida mayor cantidad de solvente y hay mayor presencia de monómero residual. Aunque en el estudio se recomiendan mayores tiempos de exposición a la fotopolimerización del adhesivo, esto no permite prevenir la degradación de la unión de la restauración a la dentina. Es posible aumentar la fuerza de unión resina-dentina, probablemente debido a que tiempos mayores de exposición permitirían precisamente eliminar el solvente y los monómeros residuales presentes (28).

El tiempo de exposición a la luz de fotocurado es un factor muy importante en el proceso de activación y eficacia de los sistemas adhesivos. La fotopolimerización determina la presencia de una cantidad de energía que es requerida para que el fotoiniciador del sistema (canforoquinona) se mantenga excitado y poder generar la reacción que lleva a la producción de radicales libres e inicia la polimerización. La permeabilidad de la dentina y la presencia de monómero residual, se relacionan con una polimerización menos óptima de los sistemas adhesivos. Por esta razón, Cadenaro y cols., y Breschi y cols., propusieron aumentar el tiempo de polimerización respecto al recomendado por los fabricantes. Al extender los tiempos de polimerización se aumenta la cantidad de fotones presentes para convertir el monómero en polímero, además, el calor producido por las unidades de fotocurado, principalmente durante una prolongada exposición, permite eliminar el solvente atrapado de las películas adhesivas e induce a un mayor grado de reticulación en la red polimérica resultante. De este modo se ha demostrado que un prolongado tiempo de exposición a la luz de fotocurado disminuye la presencia de solvente y monómero residual, además de reducir la permeabilidad final de la capa adhesiva otorgando mayores beneficios al proceso (29).

Hipótesis

Hipótesis Nula: No existe diferencia estadísticamente significativa en la conductancia hidráulica en discos hibridizados con adhesivo universal con distintos tiempos de polimerización.

Objetivos

Objetivo General: Investigar la existencia de diferencia en la conductancia hidráulica *in vitro* en discos de dentina humana en los que se ha aplicado dos capas de adhesivo y polimerizado por distintos tiempos.

Objetivos Específicos:

- Determinar la conductancia hidráulica *in vitro* en discos de dentina humana lijados por ambas caras y grabados con ácido ortofosfórico al 37%.
- Determinar la conductancia hidráulica *in vitro* en discos de dentina humana lijados por ambas caras y grabados con ácido ortofosfórico al 37% a los que se les han aplicado dos capas de adhesivo Scotchbond™ Universal de 3M ESPE y polimerizado por 10 segundos.
- Determinar la conductancia hidráulica *in vitro* en discos de dentina humana lijados por ambas caras y grabados con ácido ortofosfórico al 37% a los que se les han aplicado dos capas de adhesivo Scotchbond™ Universal de 3M ESPE y polimerizado por 20 segundos.
- Determinar la conductancia hidráulica *in vitro* en discos de dentina humana lijados por ambas caras y grabados con ácido ortofosfórico al 37% a los que se les han aplicado dos capas de adhesivo Scotchbond™ Universal de 3M ESPE y polimerizado por 40 segundos.
- Determinar la conductancia hidráulica *in vitro* en discos de dentina humana lijados por ambas caras y grabados con ácido ortofosfórico al 37% a los que se les han aplicado dos capas de adhesivo Scotchbond™ Universal de 3M ESPE y polimerizado por 60 segundos.

- Analizar los valores de conductancia hidráulica obtenidos *in vitro* entre los discos de dentina humana tratados y establecer si existen diferencias estadísticamente significativas a distintos tiempos de polimerización del adhesivo.

Materiales y Métodos

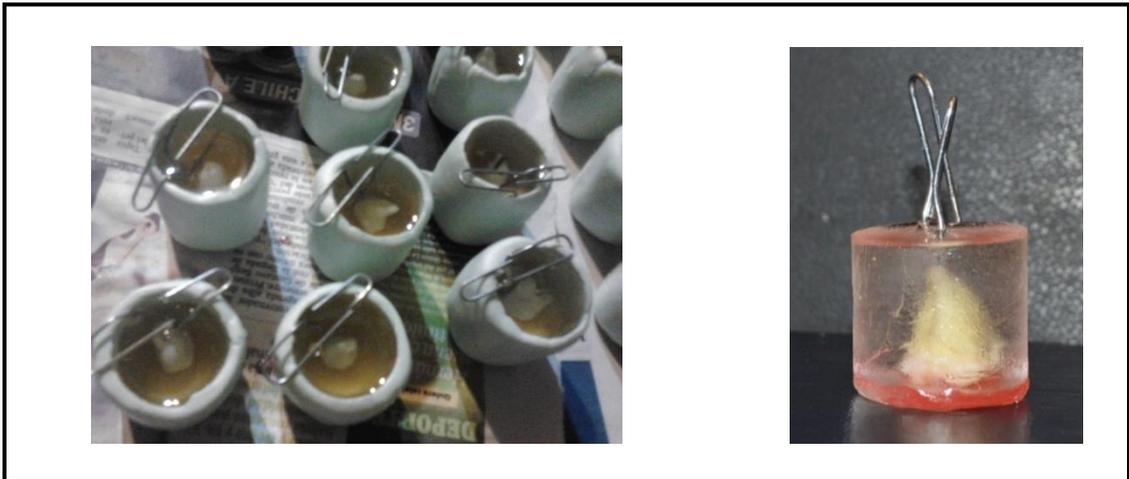
Materiales:

- 63 Terceros molares humanos sanos, extraídos en inclusión de pacientes entre 18 y 30 años, obtenidos por medio de un consentimiento informado aprobado por el comité de ética de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile (anexo 1).
- Timol al 0,1%
- Suero Fisiológico al 0,9%
- Curetas Gracey 13-14, Hu Friedy® USA
- Moldes de silicona
- Vaselina
- Resina Epóxica (Bosh® Fabricada en Corea)
- Cera rosada
- Ácido Ortofosfórico al 37% (3M™ ESPE™ Scotchbond™ Etchant Gel, 9 ml)
- Cronómetro digital
- Cianocrilato (Ceys ® SuperCeys Pincel)
- Clips (marca Torre)
- Recortadora ISOMET BUEHLER LER LAKEBUFF IL, USA 1000.
- Papel abrasivo (SiliconPaper N° 600, SIA, Switzerland)
- Papel abrasivo (SiliconPaper N° 180, SIA, Switzerland)
- Calibrador (Medimax International)
- Agua destilada
- Adhesivo 3M ESPE Single Bond Universal®, 5 ml.
- Jeringa Triple
- Micropinceles (SDI® Multi-Brush medianos)
- Lámpara de fotocurado 3M EspeElipar 2500 (900 mW/cm²)
- Cámara de difusión (según modelo dispuesto por Pashley y cols.)
- Programa computacional ImageJ 1.45 y SPSS 15.0 para Windows.
- Programa computacional Random.org (Random Sequence Generator)
-

Métodos

Los dientes estudiados, fueron limpiados con curetas Gracey 13-14 para molares y desinfectados durante 24 horas en una solución de Timol al 0,1%. Posteriormente se conservaron en suero fisiológico a temperatura ambiente. Una vez desinfectados, se grabaron con ácido ortofosfórico al 37% (3M™ ESPE™ Scotchbond™ Etchant Gel, 9 ml) por todo el esmalte del diente, durante 30 segundos, lavados y secados, para luego aplicar una capa de cianoacrilato pincelable. Los dientes, se incluyeron en bloques de resina epóxica Bosh de forma cilíndrica de 25 mm de diámetro, confeccionados en un molde de silicona previamente envaselinado por sus paredes internas, en cuya base al interior se colocó un círculo de cera rosada del mismo diámetro del molde para permitir sujetar el diente desde su cara oclusal. Se introdujo un clip doblado al interior del bloque de resina inmediatamente después que se confeccionó, lo que permitió retirar posteriormente el cilindro del molde de silicona. Se esperó al menos 48 horas la polimerización de la resina epóxica.

Figura 8: Formación de cilindros de resina epóxica



En la figura 8 se observa a la izquierda los moldes de silicona con la resina epóxica y el diente en su interior en el proceso de polimerización. A la derecha se observa el molde de resina ya polimerizado.

Una vez polimerizada la resina epóxica, se realizaron los cortes de los dientes perpendiculares a su eje mayor en la zona coronal, utilizando la máquina recortadora ISOMET BUEHLER LER LAKEBUFF IL, USA 1000 a 750 rpm, con 500 gramos de presión bajo refrigeración abundante.

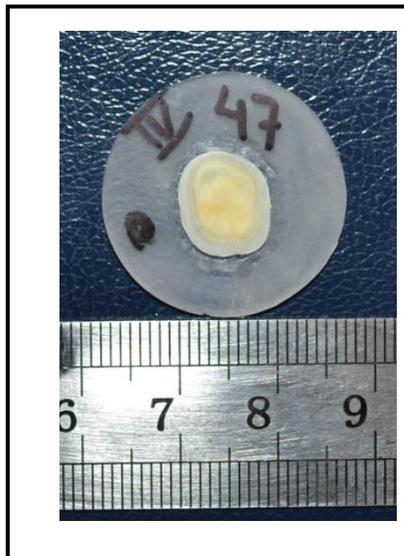
Figura 9: Máquina recortadora ISOMET BUEHLER LER LAKEBUFF IL, USA 1000



En la figura 9 se observa la máquina recortadora a la izquierda, a la derecha se aprecia el disco diamantado para corte.

Se obtuvieron discos de 1mm. de grosor en promedio, con unavariabilidad entre 0,08 a 1,1mm. Aceptable. Estos discos fueron regularizados con papel abrasivo (SiliconPaper N° 180, SIA, Switzerland) en las zonas de la resina que presentaron irregularidades. Se midió el grosor de cada uno de los discos con un calibrador de metales (Medimax International). Posteriormente, se realizó una segunda regularización de los discos con papel abrasivo de grano más fino por sus caras oclusales y pulpares (SiliconPaper N° 600, SIA, Switzerland) bajo agua circulando para estandarizar los espesores y lograr un alisado superficial. Consecutivamente se realizó el grabado de la superficie con el fin de eliminar el barro dentinario, usando ácido Ortofosfórico al 37% (3M™ ESPE™ Scotchbond™ Etchant Gel, 9 ml) durante 15 segundos por cada cara, y luego un lavado profuso por 30 segundos en cada cara respectivamente.

Figura 10: Disco de dentina



En la figura 10 se observa el disco de dentina cortado y su tamaño aproximado en centímetros.

Una vez obtenidos los discos, (63 en total, 15 como grupo control y 48 para estudio) se enumeraron correlativamente del 1 al 48 y se distribuyeron azarosamente en grupos de 12 para su estudio. La asignación azarosa de qué disco quedaría en cada grupo se realizó mediante el programa computacional Random.org.

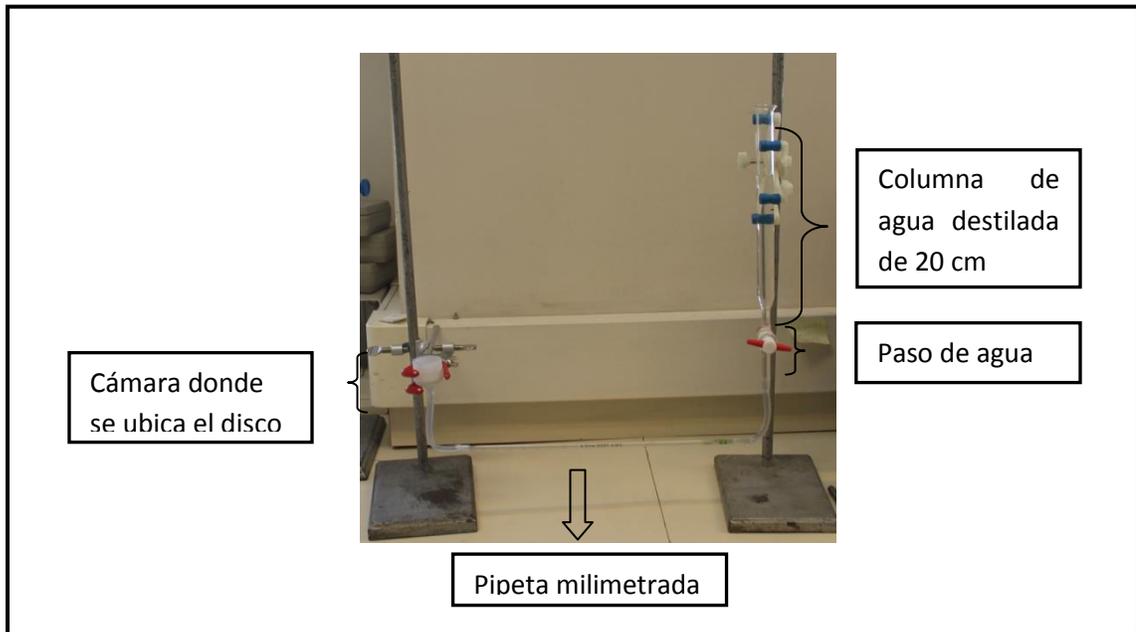
Los discos de dentina fueron tratados con el sistema adhesivo 3M ESPE Single Bond Universal®, aplicado con microbrush sobre la superficie de manera pasiva y polimerizado durante 10, 20, 40 y 60 segundos respectivamente. Se establecieron de acuerdo a los objetivos planteados en el estudio, 5 grupos de la siguiente manera:

- Grupo 0: Control negativo, 15 discos de dentina regularizados por ambas superficies con papel abrasivo de grano fino, (SiliconPaper N° 600, SIA, Switzerland) grabados con ácido ortofosfórico al 37% y lavados profusamente.

- Grupo I: 12 discos de dentina regularizados por ambas superficies con papel abrasivo de grano fino, (SiliconPaper N° 600, SIA, Switzerland) grabados con ácido ortofosfórico al 37% y lavados profusamente. Se les aplicó el sistema adhesivo y se polimerizó durante 10 segundos.
- Grupo II: 12 discos de dentina regularizados por ambas superficies con papel abrasivo de grano fino, (SiliconPaper N° 600, SIA, Switzerland) grabados con ácido ortofosfórico al 37% y lavados profusamente. Se les aplicó el sistema adhesivo y se polimerizó durante 20 segundos.
- Grupo III: 12 discos de dentina regularizados por ambas superficies con papel abrasivo de grano fino, (SiliconPaper N° 600, SIA, Switzerland) grabados con ácido ortofosfórico al 37% y lavados profusamente. Se les aplicó el sistema adhesivo y se polimerizó durante 40 segundos.
- Grupo IV: 12 discos de dentina regularizados por ambas superficies con papel abrasivo de grano fino, (SiliconPaper N° 600, SIA, Switzerland) grabados con ácido ortofosfórico al 37% y lavados profusamente. Se les aplicó el sistema adhesivo y se polimerizó durante 60 segundos.

Se utilizó para medir el flujo, una modificación del modelo experimental desarrollado y validado por Pashley. Se confeccionó un reservorio, con una columna vertical de agua destilada de 20 cm., conectada a una llave de paso, luego por medio de un tubo de silicona se unió a un tubo capilar milimetrado en posición horizontal. Este tubo de silicona conecta ambas estructuras (columna de agua y capilar milimetrado) y permite a su vez, introducir la burbuja de aire, que permitirá la medición, al medio acuoso. El capilar se conecta distalmente a una cámara en donde se fijan los discos en estudio (sellados por medio de anillos de silicona), por medio de tubos de silicona.

Figura 11: Montaje de la cámara de difusión.



En la figura 11 se observa la cámara de difusión, con la pipeta milimetrada al centro, la columna de agua a la derecha, y el filtro donde se ubica el disco a la izquierda.

Para determinar la difusión, cada disco de resina que contiene al diente se colocó en la cámara conectada a la columna de agua destilada, (20 cm.) enlazada por medio de tubos de silicona, la tasa de flujo del fluido a través del disco de dentina se midió a través de una pipeta milimetrada en la que se registró el tiempo de movimiento de la burbuja de aire localizada al interior del capilar de vidrio, lo que permite calcular el flujo hidráulico. El desplazamiento se midió por minuto, a través de observación visual durante 20 minutos. A modo de auditar el correcto traspaso de los datos observados a su registro en el computador, se realizaron tres verificaciones con operadores diferentes.

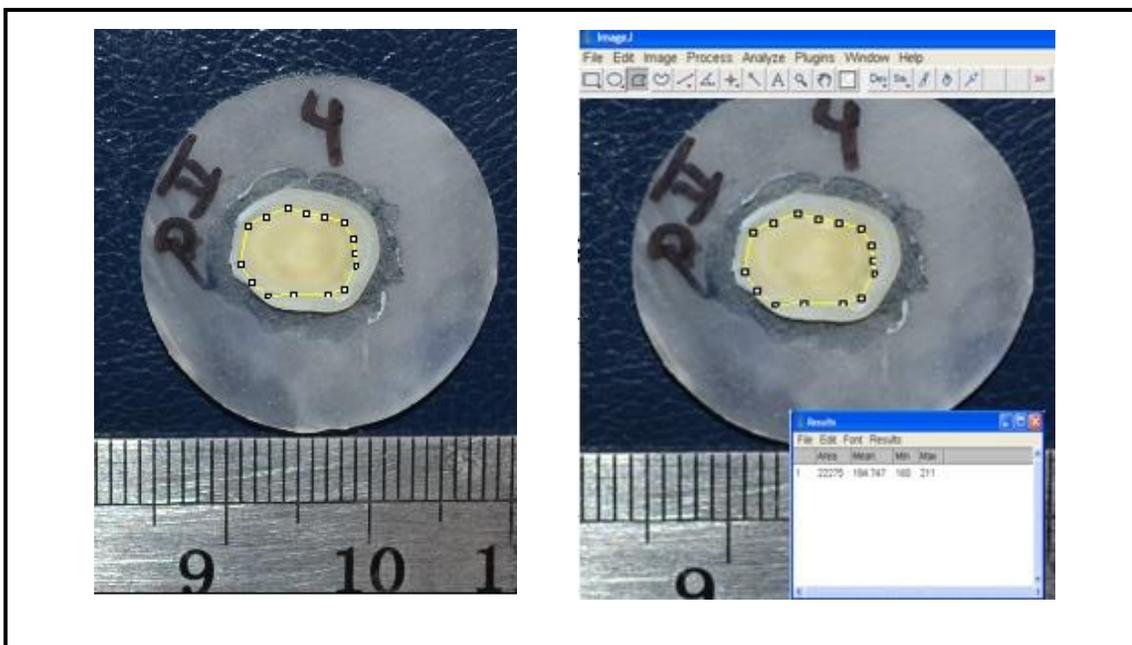
Figura 12: Pipeta milimetrada



En la fotografía se observa la burbuja al interior de la pipeta milimetrada. Su avance se midió en μl por minuto a través de observación visual durante 20 minutos.

Las mediciones del área de dentina expuesta por disco se calcularon mediante el software computacional ImageJ, de amplio uso en medicina, mediante un previo registro fotográfico con una cámara Nikon p90 a una distancia de 30 cm.

Figura 13: Medición del área de dentina con el programa ImageJ.



En la figura 13 a la izquierda se observa el disco de dentina con su área seleccionada. A la derecha, para el mismo disco, el software arroja los resultados del valor del área seleccionada.

Una vez obtenidos los resultados, se calculó la conductancia hidráulica mediante la siguiente fórmula:

$$Ch = \frac{F}{A * P * t}$$

La conductancia hidráulica (Ch) corresponde a una fórmula que determina la permeabilidad, en este caso, de los discos de dentina. La variable F corresponde a la tasa de flujo de cada grupo experimental. La variable A corresponde al área de dentina expuesta al fluido. La variable P corresponde a la presión intrapulpar cuyo valor corresponde a la altura de la columna de agua destilada, (20 cm.) y la variable t es el tiempo en minutos.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó por medio del programa computacional SPSS 15.0 para Windows y las pruebas estadísticas de Shapiro-Wilk, con la cual se comprobó la normalidad de distribución de los datos. El tamaño muestral fue de 63 muestras analizadas.

El intervalo de confianza establecido fue de un 95%, lo que significa que dentro del rango de datos que hemos obtenido (63 en total) se encuentra el valor real del parámetro estudiado (variación de la conductancia hidráulica al aumentar el tiempo de polimerización del adhesivo), con un 95% de certeza. El nivel de significancia es del 5%, es decir, sólo un 5% de las muestras producirá un intervalo erróneo.

Se compararon los grupos entre sí mediante es test de ANOVA, con el cual se establece que existe diferencia entre los grupos de mediciones. Por esta razón realizamos la prueba post hoc de Tukey, para determinar específicamente, entre qué grupos se presentan las diferencias.

Resultados

De un total de 63 terceros molares recolectados, que cumplían con los criterios de inclusión y previo consentimiento de los pacientes por escrito, se obtuvieron 63 discos de dentina de 1mm +/- 0,2mm de grosor, los cuales se dividieron aleatoriamente entre cinco grupos de estudio de la siguiente manera:

- **Grupo 0 Control:** 15 discos lijados con papel abrasivo por 30 segundos en cada cara y grabados con ácido ortofosfórico al 37%. Sin tratamiento adhesivo.
- **Grupo 1:** 12 discos lijados con papel abrasivo por 30 segundos en cada cara y grabados con ácido ortofosfórico al 37%. Se les aplica el sistema adhesivo 3M ESPE Single Bond Universal® y se polimerizan por 10 segundos.
- **Grupo 2:** 12 discos lijados con papel abrasivo por 30 segundos en cada cara y grabados con ácido ortofosfórico al 37%. Se les aplica el sistema adhesivo 3M ESPE Single Bond Universal® y se polimerizan por 20 segundos.
- **Grupo 3:** 12 discos lijados con papel abrasivo por 30 segundos en cada cara y grabados con ácido ortofosfórico al 37%. Se les aplica el sistema adhesivo 3M ESPE Single Bond Universal® y se polimerizan por 40 segundos.
- **Grupo 4:** 12 discos lijados con papel abrasivo por 30 segundos en cada cara y grabados con ácido ortofosfórico al 37%. Se les aplica el sistema adhesivo 3M ESPE Single Bond Universal® y se polimerizan por 60 segundos.

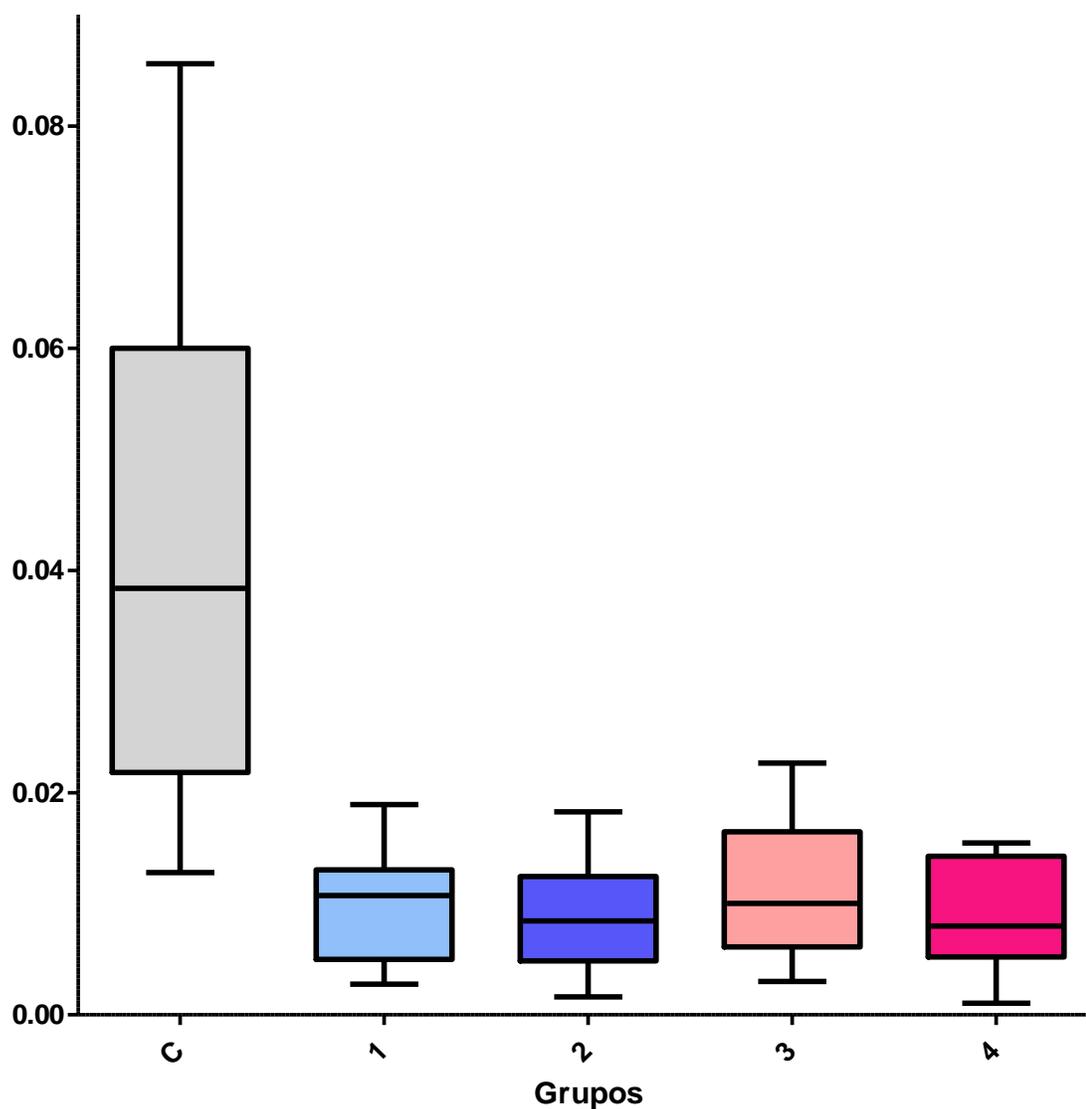
Tabla 1: Valores de obtenidos de la tasa de flujo de cada disco medida en $\mu\text{l}/\text{min}$ y el área medida a través del programa ImageJ, medida en cm^2

GRUPO	Área cm ² x tasa de Flujo µl/ min / n° datos Aleatorios															Promedios	
GRUPO CONTROL	n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	Área cm2	0,607	0,294	0,495	0,459	0,451	0,526	0,791	0,500	0,730	0,730	0,373	0,341	0,593	0,571	0,587	0,537
	Tasa de Flujo µl/ min	0,460	0,310	0,350	0,200	0,470	0,900	0,300	0,600	0,560	0,700	0,550	0,450	0,300	0,240	0,150	0,436
GRUPO I	n°	2	11	13	6	46	8	26	3	7	20	40	5				
	Área cm2	0,503	0,33	0,396	0,471	0,495	0,453	0,421	0,416	0,529	0,41	0,539	0,608				0,447
	Tasa de Flujo µl/ min	0,05	0,1	0,15	0,125	0,05	0,025	0,075	0,1	0,1	0,1	0,05	0,15				0,090
Grupo II	n°	45	27	15	4	1	21	9	30	33	12	19	42				
	Área cm2	0,571	0,352	0,464	0,385	0,327	0,308	0,544	0,601	0,443	0,406	0,392	0,547				0,456
	Tasa de Flujo µl/ min	0,1	0,075	0,015	0,025	0,1	0,05	0,05	0,15	0,05	0,1	0,05	0,2				0,080
Grupo III	n°	23	32	10	44	18	29	22	17	14	34	48	31				
	Área cm2	0,788	0,507	0,461	0,416	0,459	0,386	0,502	0,428	0,44	0,339	0,562	0,496				0,482
	Tasa de Flujo µl/ min	0,15	0,05	0,05	0,025	0,075	0,175	0,1	0,1	0,15	0,1	0,2	0,1				0,106
Grupo IV	n°	43	16	47	25	28	24	35	36	37	38	39	41				
	Área cm2	0,526	0,326	0,5	0,483	0,35	0,604	0,473	0,323	0,575	0,449	0,512	0,476				0,466
	Tasa de Flujo µl/ min	0,15	0,05	0,15	0,05	0,1	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,075	0,01				0,082

Tabla 2: Conductancia hidráulica de cada disco medida en µl/mincm²

GRUPOS	Conductancia Hidráulica/n° datos aleatorios															Promedio	
GRUPO DE CONTROL	n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	Conductancia Hidráulica	0,0379	0,0527	0,0354	0,0218	0,0521	0,0856	0,0190	0,0600	0,0384	0,0479	0,0737	0,0660	0,0253	0,0210	0,0128	0,0433
GRUPO I	n°	2	11	13	6	46	8	26	3	7	20	40	5				
	Conductancia Hidráulica	0,00497	0,01515	0,01894	0,01327	0,00505	0,00276	0,00891	0,01202	0,00945	0,0122	0,00464	0,01234				0,0100
GRUPO II	n°	45	27	15	4	1	21	9	30	33	12	19	42				
	Conductancia Hidráulica	0,00876	0,01065	0,00162	0,00325	0,01529	0,00812	0,0046	0,01248	0,00564	0,01232	0,00638	0,01828				0,0089
GRUPO III	n°	23	32	10	44	18	29	22	17	14	34	48	31				
	Conductancia Hidráulica	0,00952	0,00493	0,00542	0,003	0,00817	0,02267	0,00996	0,01168	0,01705	0,01475	0,01779	0,01008				0,0113
GRUPO IV	n°	43	16	47	25	28	24	35	36	37	38	39	41				
	Conductancia Hidráulica	0,01426	0,00767	0,015	0,00518	0,01429	0,00828	0,00529	0,01548	0,00435	0,01114	0,00732	0,00105				0,0091

Conductancia Hidráulica μ/mincm^2



En el gráfico se aprecia una comparación de los valores de conductancia hidráulica de cada grupo. En el eje Y los valores de conductancia. En el eje X la asignación de cada grupo.

Tabla 3: Análisis Descriptivo de las mediciones de la conductancia hidráulica

	N	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Conductancia Control	15	0,0433	0,02173	0,0128	0,0856
Grupo 1	12	0,0099	0,00489	0,0027	0,0189
Grupo 2	12	0,0089	0,00502	0,0016	0,0182
Grupo 3	12	0,0112	0,00585	0,0030	0,0226

Grupo 4	12	0,0091	0,00482	0,0010	0,0154
---------	----	--------	---------	--------	--------

Para determinar si los datos presentan una distribución normal, fueron sometidos a la prueba de Shapiro-Wilk. (Tabla 4) Este test arrojó valores de “p” o de significancia, mayores a 0,05 ($p > 0,05$) en todos los grupos, lo que indica que la distribución de los datos es normal (Tabla 4).

Tabla 4: Análisis estadístico test de Shapiro Wilk

		Shapiro Wilk		
Grupos		Estadística	N	Significancia
Datos	Control	0,958	15	0,653
	Grupo 1	0,950	12	0,644
	Grupo 2	0,975	12	0,958
	Grupo 3	0,960	12	0,978
	Grupo 4	0,922	12	0,303

Se comparó cada grupo entre sí mediante el test de ANOVA, el cual nos arrojó un valor de $p < 0,05$ lo que indica que existe una diferencia entre el comportamiento de los grupos de mediciones (Tabla 5).

Tabla 5: Análisis estadístico test de ANOVA

	Suma de cuadrados	df	Media cuadrática	F	Sig.
Intra- grupos	0,013	4	0,003	23,930	0,000
Inter- grupos	0,008	58	0,000		
Total	0,021	62			

Para determinar específicamente entre qué grupos se presenta la diferencia se realiza la prueba de post hoc de Tukey, la que nos arroja que las medias de los grupos examinados en tratamiento con el sistema adhesivo son similares, pero muestran diferencias al grupo control, sin tratamiento adhesivo (Tabla 6).

Tabla 6: Análisis estadístico prueba de post hoc de Tukey

		Subconjunto para alfa=0,05	
Grupos	N	1	2
Grupo 2	12	0,00894917	0,04330667
Grupo 4	12	0,00910917	
Grupo 1	12	0,00997500	
Grupo 3	12	0,01125167	
Control	15		
Sig.		0,987	1,000

Discusión

La permeabilidad es una característica de la dentina que ha sido utilizada en muchos estudios in vitro para evaluar a lo largo del tiempo la eficacia de muchos procesos ya sea preventivos o restauradores (33,34). Su variabilidad sumada al movimiento del fluido dentinario han permitido medir la capacidad de sellado de los materiales restauradores adhesivos y no adhesivos, la potencial toxicidad de algunos materiales y su eficacia, además del efecto de algunos procedimientos clínicos (35).

En este estudio, se evaluó el aumento del tiempo de exposición de un sistema adhesivo, Single Bond Universal de 3M ESPE, a la luz de fotocurado, para descubrir la influencia de este factor sobre la conductancia hidráulica, y la permeabilidad en la dentina, mediante un modelo in vitro, basado en el modelo experimental de Pashley. Existen numerosas investigaciones en esta área, destinadas principalmente a buscar formas de minimizar el grado de micro filtraciones y desajustes en la interface resina-dentina.

Estudios recientes (2012) realizados por Oliveira y cols. evaluaron los efectos de diversos sistemas adhesivos y estrategias de aplicación sobre la conductancia hidráulica de la dentina, concluyendo que todos los sistemas adhesivos eran efectivos en generar una reducción de la conductancia hidráulica, pero que no existen diferencias significativas en los modos de aplicación del adhesivo (36). Otros estudios como los de Ito y cols. evaluaron el efecto de la aplicación de múltiples capas de dos adhesivos autograbantes, sobre la capacidad de adhesión a la dentina, concluyendo que la fuerza de unión aumentaba con el número de capas aplicadas de adhesivo, pero sólo hasta tres capas, especialmente si cada capa era fotopolimerizada. Observándose una disminución de la nanofiltración con cada capa de adhesivo agregada (37). Guimaraes y cols. realizaron un estudio donde se comparó la efectividad de la unión inmediata a dentina de adhesivos autograbantes con solvente en base a etanol o agua. Utilizaron el sistema adhesivo Adper Scotchbond Multipropósito y Adper Single Bond 2, ambos de la 3M ESPE, llegando a la conclusión de que no existía diferencia significativa entre

la fuerza de unión observada por ambos sistemas adhesivos (38). Perdigao y cols. mediante un estudio clínico randomizado compararon la adhesión de dos resinas modificadas con materiales de vidrio ionómero durante 1 año, para lo cual utilizaron cuatro sistemas adhesivos distintos todos pertenecientes a la marca 3M: Adper Single Bond Universal®, Adper Single Bond Plus®, Adper Scotchbond SE®, y Adper Easy Bond® y concluyeron que la retención mostrada por las resinas al cabo de un año utilizando estos cuatro sistemas adhesivos, no era significativamente diferente (39). Como se puede apreciar en estos estudios se comparan tipos de sistemas adhesivos y características en su forma de aplicación entre otros factores, todos tendientes a mejorar la capacidad adhesiva de las restauraciones y su consecuente longevidad (45).

El objetivo de realizar estudios de permeabilidad en dentina, está relacionado precisamente con la capacidad de sellado de los sistemas adhesivos (31,45).

El estudio de Reis y cols, se demostró que la exposición prolongada a la luz de alta intensidad de las unidades de fotocurado, afectan la conversión de los materiales de metacrilato de los sistemas adhesivos, mediante una reacción de fotopolimerización. Al aumentar el tiempo de exposición se logra un polímero de mejor calidad, de mayor peso molecular y más reticulado, lo que mejoraría la calidad de la unión inmediata de la resina a la dentina (28). Además tiempos prolongados de exposición generan calor, lo que permite la evaporación del solvente, mayoritariamente en sistemas adhesivos basados en etanol y agua, lo que contribuye también positivamente a la calidad de la adhesión, pues se ha demostrado que la presencia de altas concentraciones de solvente residual en el adhesivo impide la formación de un polímero altamente reticulado al interior de la capa híbrida (28).

En este estudio, se comparan tiempos de exposición a la luz de fotocurado mayores a los recomendados por los fabricantes, encontrando que el aumento de los tiempos de fotopolimerización, no influye sobre la conductancia hidráulica de los discos de dentina, pues no se observan diferencias estadísticamente significativas entre los valores promedios de cada grupo. Pero si se observa una diferencia respecto al grupo control que no es tratado con el sistema adhesivo. De

acuerdo a los resultados obtenidos, al aumentar el tiempo de fotopolimerización, no se aprecia una mejora en la capacidad del sistema adhesivo de sellado de los túbulos dentinarios.

Este estudio fue realizado utilizando el modelo experimental desarrollado y validado por Pashley y cols., el cual se caracteriza por ser un sistema simple, efectivo y económico, posible de llevar a cabo con materiales fáciles de obtener (35). Sin embargo este método tiene algunas desventajas, la medición del avance de la burbuja al interior de la micropipeta es visual y depende de la observación del operador quien inconscientemente puede sesgar la medida dependiendo de su capacidad visual y su criterio (35). La resina epóxica utilizada, no tiene adhesión química con la superficie del diente, además no tiene la suficiente fluidez para lograr una unión micromecánica con el diente grabado, por esta razón se utilizó cianoacrilato pincelable, para tratar de lograr una unión micromecánica a la superficie dentaria, pero la efectividad de la unión no fue comprobada, por lo que se sugiere estudiar microscópicamente la interface entre el diente y la resina epóxica para pesquisar la presencia de microfiltraciones que pudiesen alterar el estudio (40).

Los estudios de permeabilidad dentinaria son generalmente estudios longitudinales, se sugiere evaluar el efecto del aumento de los tiempos de fotopolimerización de los sistemas adhesivos en el tiempo, ya que en esta investigación las mediciones fueron realizadas luego de 20 minutos.

La permeabilidad de los discos de dentina en su cara oclusal, no es homogénea a través de toda la superficie, por lo que se sugiere realizar repetidas mediciones para garantizar que la medida de la permeabilidad es de la misma región del disco cada vez (41). Aunque en este estudio el cálculo del área de dentina se realizó mediante el software computacional ImageJ, con este sistema se debe realizar una delimitación manual del límite amelodentinario, lo que puede originar discrepancias entre lo que se considera superficie de dentina y esmalte a simple vista, además de la distorsión de las imágenes, observadas con aumento en el computador (43).

Cada disco fue fijado al filtro de la cámara de difusión mediante gomas de sellado hechas a medida para estabilizar su posición lo que permite que los anillos de caucho confinen la medida al área correspondiente a estudiar de cada disco siempre a la misma región, no obstante, es posible que ocurriera una rotación del disco que pudiese generar alguna influencia en las mediciones por filtración de agua, lo que acelera la velocidad de movimiento de la burbuja de aire (41-44).

La presión utilizada en este estudio para mover la burbuja al interior de la micropipeta fue de 20cm de agua, valor que es muy cercano a la presión fisiológica de la pulpa dental ($\pm 14\text{cmH}_2\text{O}$) pero es muy inferior comparado con la presión utilizada en otros estudios que van entre los 700 y los 1050 cm H₂O. Valores elevados de presión movilizan más rápidamente la burbuja de aire, con lo que se obtiene mayor velocidad en la obtención de datos y menor fatiga del operador, sin embargo se puede generar un incremento en la resistencia al flujo debido a la compresión del contenido intratubular contra las paredes de los túbulos reduciendo los valores de conductancia hidráulica, lo que no ocurre con presiones cercanas a la fisiológica, lo que permite extrapolar con mayor cercanía los resultados a las condiciones in vivo (42).

Una limitación de este modelo de estudio es que en lugar de utilizar un tubo capilar milimetrado, se utilizó una pipeta milimetrada, cuya escala es de 0,001ml, por lo cual no se pueden obtener mediciones más precisas que ese valor limitando la sensibilidad del estudio. Esta restricción puede ser sorteada utilizando otro tipo de capilar graduado en caso de ser necesaria una escala de medida que permita mayor sensibilidad al estudio.

En estudios previos se ha podido establecer una relación positiva entre el aumento del tiempo de exposición del sistema adhesivo a la luz de fotocurado en factores como la calidad del polímero resultante, grado de evaporación del solvente y menor presencia de monómero residual, en esta investigación, no se observa una influencia en la conductancia hidráulica de la dentina, obteniéndose una distribución normal de los datos al someterlos al test de Shapiro Wilk ($p > 0,05$). Al analizar los datos con el test de ANOVA se aprecia que no todos los discos estudiados se comportan de la misma manera, por lo que se realiza la prueba de

post hoc de Tukey, con lo que se obtiene que si bien no hay variación entre los discos a los que se les aplicó el sistema adhesivo y se polimerizó por diferentes tiempos, si hay una diferencia estadísticamente significativa respecto al grupo control que no presenta sistema adhesivo.

Por lo tanto se puede concluir que no existe diferencia en la conductancia hidráulica in vitro, en discos de dentina humana en los que se ha aplicado dos capas de adhesivo y polimerizado por distintos tiempos. Es posible estudiar la conductancia hidráulica in vitro mediante la utilización del modelo experimental de Pashley. La aplicación del sistema adhesivo influye en la conductancia hidráulica en los discos de dentina, pues causan el sellado de los túbulos dentinarios. El aumento del tiempo de exposición a la luz de fotocurado no influencia la conductancia hidráulica de la dentina en los diferentes grupos de estudio, por lo cual se acepta la hipótesis nula de la investigación. Sin embargo se sugiere realizar estudios de permeabilidad dentinaria a largo plazo y estandarizando la aplicación del adhesivo, controlando variables como la vigorosidad en la aplicación del adhesivo y utilizando microscopía electrónica para verificar la uniformidad de las muestras.

Conclusión

- No existe diferencia en la conductancia hidráulica *in vitro*, en discos de dentina humana en los que se ha aplicado dos capas de adhesivo y polimerizado por distintos tiempos
- Es posible determinar la conductancia hidráulica *in vitro* en discos de dentina humana, basándose en el modelo experimental utilizado y validado por Pashley y cols.
- Existe diferencia estadísticamente significativa entre la conductancia hidráulica *in vitro* en discos de dentina humana tratados con el sistema adhesivo Single Bond Universal y el grupo control sin tratamiento adhesivo.
- No existe diferencia estadísticamente significativa entre la conductancia hidráulica *in vitro* en discos de dentina humana tratados con el sistema adhesivo Single Bond Universal y polimerizados por 10 segundos respecto al grupo polimerizado durante 20 segundos.
- No existe diferencia estadísticamente significativa entre la conductancia hidráulica *in vitro* en discos de dentina humana tratados con el sistema adhesivo Single Bond Universal y polimerizados por 20 segundos respecto al grupo polimerizado durante 40 segundos.
- No existe diferencia estadísticamente significativa entre la conductancia hidráulica *in vitro* en discos de dentina humana tratados con el sistema adhesivo Single Bond Universal y polimerizados por 40 segundos respecto al grupo polimerizado durante 60 segundos.

Bibliografía

- 1) Oyarzún A, Cordero A, Whittle M. (2002) Inmunohistochemical evaluation of the effects of sodium hypochlorite on dentin collagen and glycosaminoglycans. *J Endod*; 28(3): 152-6.
- 2) Forner L, Llena Puy M, (1997) Fisiología del complejo dentino-pulpar. Permeabilidad dentinaria. Departamento de Estomatología. Facultad de Medicina Y Odontología. Universidad de Valencia. *EJDR* nº2 Artículo 10
- 3) Golberg M, Lasfargues J. (1995) Dentin-pulpal complex revisited. *J Dent*; 23:15.
- 4) Pashley DH, Andringa HJ, Derkson GD, Derkson ME, Kalathoor SR. (1987) Regional variability in the permeability of human dentin. *Archs Oral Biol*; 32: 519-523.
- 5) Farid Bin Che Ghazali (2003), Permeability of Dentine, *Malaysian Journal of Medical Science*. Vol. 10. No 1 (27-36)
- 6) Bodecker CF, Lefkowitz W (1946). Vital staining of dentin and enamel. *J Dent Res* 25:387-389
- 7) Reeder OW, JR, Walton R.E. Livingston M.J. Pashley D.H. (1978) Dentin Permeability: Determinants of Hydraulic Conductance
- 8) Fogel HM, Marshall FJ, Pashley DH, (1988) Effects of Distance from the Pulp and Thickness on the Hydraulic Conductance of Human Radicular Dentin. *J DENT RES* 67:1381

- 9) Pashley DH, Pashley EL, Carvalho RM, Tay FR (2002) The effects of dentin permeability on restorative dentistry. *Dent Clin N Am* 46:211-245
- 10) Pratti C. (1994) What is the clinical relevance of in vitro dentine permeability tests? *J Dent.*; 22:83-88.
- 11) Pashley DH, Livingston MJ. Effect of molecular size on permeability coefficients in human dentin. *Archs Oral Biol.* 1978; 23:391-395.
- 12) Pashley D.H. (1996) Dynamics of the pulp-dentin complex Department of Oral Biology, School of Dentistry, Medical College of Georgia, Augusta, Georgia 30912-1129, USA
- 13) Brannstrom. (1986) The hydrodynamic theory of dentinal pain: Sensation in preparations, caries and the dentinal crack syndrome. *J Endod.*;12(10):453-7
- 14) Pashley DH, Thompson SM, Stewart FP. (1983) Dentin permeability: Effects of temperature on hydraulic conductance. *J Dent Res.* Sep; 62(9): 956-9.
- 15) Paupichartdumrong P,(2005) Ikeda H, Suda H. Influence of the pulpal components on human dentine permeability in vitro. *IntEndod J*; 38:152-159.
- 16) Solórzano E. Dávila L, Premoli G.(2008) *In vitro* study on the effects of cocaine on the hard tissues of the tooth. *Rev Cubana Estomatol* v.45 n.3-4 Ciudad de La Habana.

- 17) Tay FR, Frankenberger R, Krejci I, Bouillaquet S, Pashley DH, Carvalho RM, Lai CN (2004). Single-bottle adhesives behave as permeable membranes after polymerization. I. In vivo evidence. *J Dent*32(8):611-21.
- 18) Conejo B, Del Nero M, de la Macorra JC (1995). Medida de la Conductancia Hidráulica en terceros molares humanos. Un estudio *in vitro*. *Arch. Odontoestomatol.* 11:76-81
- 19) Grayson W, Marshall JR, Sally J, Marshall, Jhon H., Kinney, Mehdi Balooch (1997). The Dentin substrate: structure and properties related to bonding. *J Dent* Nov;25(6):441-58.
- 20) Duarte S Jr, de Freitas CR, Saad JR, Sadan A. The effect of immediate dentin sealing on the marginal adaptation and bond strengths of total-etch and self-etch adhesives. *J ProsthetDent.* 2009 Jul; 102(1):1-9
- 21) Martín Hernández J* (2004) Aspectos prácticos de la adhesión a dentina *Av Odontoestomatol* v.20 n.1 pag. 19-32 .ISSN 0213-1285. Madrid
- 22) Sahin C, Cehreli Z, Yenigul M, Dayangac B, In vitro permeability of etch-and-rinse and self-etch adhesives used for immediate dentin sealing
- 23) Perdigao, J. (2007). "New developments in dental adhesion". *Dent Clin N Am.*51 (2): 333-57.
- 24) Muñoz MA, Luque I, Hass V, Reis A, Loguercio AD, Campanha NH (2013) Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. *Journal of dentistry* 41(404-411).
- 25) Scotchbond™ Universal Adhesive Technical Product Profile 2012; 3-33.

Web:http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsId=SSSSSufSevTsZxtUo8_Zo8_UevUqevTSevTSevTSeSSSSSS—

- 26) 3M ESPE Adper™ Single Bond, Sistema Adhesivo Dental, Perfil Técnico del Producto 2012; 4-10.
- 27) Pratti C. What is the clinical relevance of in vitro dentine permeability tests? *J Dent.* 1994; 22:83-88.
- 28) Reis A, Ferreira SQ, Costa TRF, Klein-Ju´nior CA, Meier MM, Loguercio AD. (2010) Effects of increased exposure times of simplified etch-and-rinse adhesives on the degradation of resin–dentin bonds and quality of the polymer network. *Eur J Oral Sci*; 118: 502–509.
- 29) Albaladejo A, (2007) Métodos de investigación *in vitro* de los factores que afectan la durabilidad de la adhesión a dentina. *Av Odontoestomatol*; 24(4): 267-276
- 30) Mjör I (2009) Dentin Permeability: The Basis for Understanding Pulp Reactions and Adhesive Technology. *Braz Dent J* 20:3-16
- 31) Oliveira A, Tavares M, Nikaido T, Tagami J, Gianini M, (2012). Effect of adhesive system and application strategy on reduction of dentin permeability. *Brazil Oral Res* 26(5): 397-403
- 32) Reis A, Carrilho M, Breschi L, Loguercio AD (2013). Overview of Clinical Alternatives to Minimize the Degradation of the Resin-dentin Bonds. *Operative Dentistry* 38-4, E1-E25

- 33) Thomas HF. The dentin-predentin complex and its permeability: anatomical overview. *J Dent Res.*1985; 64:607-612.
- 34) Ozok AR, Wu MK, Wesselink PR, (2002). The Effects of post-extraction time on the hydraulic conductance of human dentine in vitro. *Archives of Oral Biology* 47 (41-46)
- 35) De la Macorra JC, Escribano NI (2002). Comparision of two methods to measure permeability of dentin. *J Biomed Mater Res* 63:531-534
- 36) Oliveira A, Tavares M, Nikaido T, Tagami J, Giannini M. (2012) Effect of adhesive system and application strategy on reduction of dentin permeability. *Braz Oral Res.* 26(5): 397-403.
- 37) Ito S y cols. (2005) Effects of multiple coatings of two all-in-one adhesives on dentin bonding. *J Adhes Dent*; 7:140.
- 38) Guimaraes LA, Almeida JC, Wang L, D'Alpino PH, Garcia FC. (2012) Effectiveness of immediate bonding of etch-and-rinse adhesives to simplified ethanol-saturated dentin. *Braz Oral Res*; 26(2):177-82.
- 39) Perdigao J, Dutra-Correa M, Saraceni CHC, Ciaramicoli MT, Kiyon VH, Queiroz CS. (2012) Randomized Clinical Trial of four Adhesion Strategies: 18-Month Results. *Op Dent*; 31(1): 3-11.
- 40) Hevia J, Fresno C, Martín J, Moncada G, Letelier C, Oliveira Junior OB, Fernández E (2013) Modelo de conductancia hidráulica de la dentina humana ex vivo. *Rev. Clínica. Periodoncia Implantología. Rehabilitación. Oral* vol.6 no.3

- 41) Ozok AR, Wu MK, Wesselink PR. The effects of post-extraction time on the hydraulic conductance of human dentine in vitro. *Arch Oral Biol*, 2002; 47(1): 41-46.
- 42) Camps J, Giustiniani S, Dejou J, Franquin JC (1997). Low versus high pressure for in vitro determination of hydraulic conductance of human dentine. *Arch Oral Biol* 42:293-298
- 43) Collins TJ. ImageJ for microscopy. *Biotechniques* 2007 Jul; 43(1):25-30.
- 44) Gillam DG, Mordan NJ, Newman HN (1997). The dentin disc Surface: A plausible model for dentin physiology and dentin sensitivity evaluation. *Adv. Dent. Res.* 11(4): 487-501
- 45) Aranda L, (2012) Comparación de la conductancia hidráulica transdentinaria en discos hibridizados con single bond 2® y single bond universal® evaluando la variable multicapa *in vitro*. Tesis para optar al Título de Cirujano Dentista. Facultad de Odontología. Universidad de Chile. 2012

ANEXOS

ANEXO 1:

Consentimiento Informado para Participar en el Estudio de Evaluación de Permeabilidad Dentinaria en Terceros Molares Extraídos

Título del Protocolo: Donación de dientes para el estudio de Materiales Odontológicos y Técnicas Restauradoras.

Investigador Principal: Prof. Dr. Eduardo Fernández Godoy

Sede de Estudio: Facultad de Odontología, Universidad de Chile – Olivos 943 – Santiago.

Nombre del
Paciente:.....
....

A Usted se le está invitando a participar en un estudio de investigación odontológica. Antes de decidir si participa o no, debe conocer y comprender los aspectos siguientes. Este proceso se conoce como consentimiento informado y siéntase con absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas al respecto.

Una vez que haya comprendido el estudio y si usted desea participar, entonces se le pedirá que firme este formulario.

Los aspectos de este formulario tratan los siguientes temas: Justificación del estudio, Objetivos del estudio, Beneficios del estudio, Riesgos asociados al Estudio y Aclaraciones.

Justificación del Estudio.

Algunos pacientes sufren molestias en sus dientes con posterioridad a los tratamientos de obturaciones odontológicas, se ha observado que este efecto puede relacionarse con algunos materiales dentales utilizados frecuentemente en dichos tratamientos y que puedan perturbar los tejidos al interior de los dientes.

Objetivo del Estudio

El objetivo del presente estudio es evaluar las posibles variaciones que presente la permeabilidad dentinaria de dientes tratados in vitro(en un laboratorio), luego de ser sometidos a diferentes procesos

Beneficios del Estudio

La permeabilidad dentinaria, se basa en la perfusión de diferentes materiales a través de la dentina, generando por tanto un canal de comunicación entre la pulpa dental y el medio externo. Es así, como dicha perfusión de materiales, generará diferentes tipos de reacciones en la pulpa, pudiendo tener desde una insignificancia en la generación de síntomas y signos, hasta incluso llegar a sensibilidad y compromiso del estado pulpar.

De esta manera, resulta importante conocer los diferentes factores implicados en la permeabilidad dentinaria, para lo cual es necesario su estudio tanto en modelos in vivo, como in vitro(que es el caso de este estudio

Procedimientos del Estudio

En el caso que usted acepte participar en el estudio se le efectuaran preguntas sobre sus antecedentes sobre salud médica y dental y que los dientes que le serán extraídos por indicación ortodóncica u otra, serán utilizados en el presente estudio.

Riesgos Asociados con el Estudio

Los posibles efectos adversos del procedimiento de extracción y los medicamentos indicados son los mismos que ocurrirían si sus dientes extraídos no fueran entregados para el estudio.

Como no se efectuará ninguna maniobra adicional destinada solo al estudio, los efectos adversos predecibles o impredecibles son los mismos que si usted no donara sus dientes para el estudio.

En caso que presente algún efecto adverso secundario o requiera de otro tipo de atención por dicho motivo, esta se le entregará en los términos que siempre se le han brindado.

Aclaraciones

La participación en el estudio es completamente voluntaria.

No habrá ninguna consecuencia desfavorable para usted, en caso de no aceptar la invitación.

Si usted decide participar puede retirarse cuando lo desee.

No tendrá que efectuar gasto alguno como consecuencia del estudio.

No recibirá pago por su participación.

Usted podrá solicitar información actualizada sobre el estudio, al investigador responsable.

La información obtenida del estudio respecto de la identificación de los pacientes, será mantenida con estricta confidencialidad por los investigadores.

Si considera que no existen dudas ni preguntas acerca de su participación, puede si lo desea, firmar la Carta de Consentimiento Informado anexa al documento.

Solo se utilizaran en el presente estudio dientes extraídos por indicación ortodóncica o de otra especialidad.

Carta de Consentimiento Informado

Yo.....
..... he leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos. Estoy de acuerdo en participar en este estudio de investigación. Recibiré una copia firmada y fechada de este formulario de consentimiento.

Firma del participante – Padre o Tutor CI Fecha

Testigo CI Fecha

Testigo CI Fecha

Sección a llenar por el Investigador o su representante:

He explicado al Sr(a)..... la naturaleza de la investigación, le he explicado acerca de los riesgos y beneficios que implica su participación. He contestado a las preguntas en la medida de lo posible y he preguntado si tiene alguna duda. Acepto que conozco la normativa vigente para realizar investigación con seres humanos y declaro mi apego a ella.

Una vez concluida la sesión de preguntas y respuestas, se procedió a firmar el presente documento

Firma del Investigador

CI

Fecha