



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ODONTOLÓGÍA
DEPARTAMENTO DE PRÓTESIS

“Influencia del tiempo de evaporación pasiva del solvente de un adhesivo en la conductancia hidráulica transdentinaria, en un modelo *in vitro*”

Sebastián Xiao Lung Toledo Lay

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

TUTOR PRINCIPAL

Prof. Dr. Eduardo Fernández Godoy

TUTORES ASOCIADOS

Dra. Andrea Werner

Dra. Claudia Letelier

Adscrito a Proyecto PRI-ODO COD 12-007

Santiago – Chile

2014



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ODONTOLÓGÍA
DEPARTAMENTO DE PRÓTESIS

“Influencia del tiempo de evaporación pasiva del solvente de un adhesivo en la conductancia hidráulica transdentinaria, en un modelo *in vitro*”

Sebastián Xiao Lung Toledo Lay

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

TUTOR PRINCIPAL

Prof. Dr. Eduardo Fernández Godoy

TUTORES ASOCIADOS

Dra. Andrea Werner

Dra. Claudia Letelier

Adscrito a Proyecto PRI-ODO COD 12-007

Santiago – Chile

2014

...Con mucho cariño a mi familia, que me apoyo incondicionalmente en todo momento...

... A mi polola Maria Fernanda por su cariño, apoyo y comprensión. Gracias Fer...

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer, a mis padres, que me han dado todo, creyendo en mi y estando presentes cada vez que los necesité. Sin ellos, esto no hubiera sido igual. A mi hermana por su gran cariño y amistad.

Quiero agradecer a mis profesores guías, Prof. Dr. Eduardo Fernández, Dra. Andrea Werner y Dra. Claudia Letelier. En especial a la Dra. Andrea Werner por su ayuda incondicional y consejos durante todo este tiempo como tesista, ayudante y alumno.

Agradezco al Dr. Ismael Yévenes, por facilitar el espacio para desarrollar mis actividades en su laboratorio. Muchas gracias. También al Dr. Bersezio, por su gran ayuda y buena disposición para ayudarnos.

También quiero agradecer a mis amigos de la Universidad Yael, Carlitos, Victor, Leo y a todos los demás amigos de la universidad por estar ahí siempre. Por brindarme tantos momentos inolvidables y alegrarme cada vez con sus sonrisas. A mis compañeros de tesis Cris, Su, Javi y Vale que sabemos lo que significa realizar este trabajo. Y No puedo olvidar a mi Fer por estar a mi lado, apoyarme, regalarme cariño y amor durante esta hermosa relación.

A la selección de Basquetbol de la Universidad de Chile que durante estos 7 años fue mi segunda familia. Agradecer a mis entrenadores Osvaldo Novion y a Nestor Gutierrez por todas sus enseñanzas y su gran amor por este hermoso deporte. A mis compañeros Rojas, Villarreal e Ignacio y muchos más que me acompañaron en mi vida deportiva desde que esta comenzó y que por más de 13 años hemos defendido al mismo equipo.

A mis amigos del colegio Sergio, Rodrigo N, Rozas, Anibal y a los demás, que han estado presentes con sus sonrisas y sincera amistad, ya que nos conocimos cuando no sabíamos quienes queríamos ser luego de esa linda etapa.

Agradecer finalmente a los funcionarios (Pato, Mari, Juanito y Pablo) de la Mejor Universidad del país por entregarme esta inolvidable experiencia.

INDICE

Página

Introducción	1
Marco Teórico	2
Hipótesis	10
Objetivos	11
Materiales y Métodos	12
Resultados	22
Discusión	30
Conclusiones	34
Referencias Bibliográficas	35
Anexo 1	42

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar si el tiempo de evaporación pasiva del solvente de un adhesivo utilizado sobre la superficie dentinaria afecta la conductancia hidráulica *in vitro* en discos de dentina humana en los que ha sido aplicada una capa de adhesivo.

Se recolectaron, previa firma de un consentimiento informado, 72 terceros molares sanos, libres de caries, con indicación de exodoncia, de donantes adultos sanos de entre 18 y 30 años de edad. Estos se limpiaron, desinfectaron y fueron conservados, para posteriormente ser incluidos en bloques de resina epóxica. Cada bloque fue cortado transversalmente en la zona correspondiente a la corona de los dientes, para obtener un disco de resina con dentina expuesta en ambas caras de éste. Es así, como se obtuvieron 72 muestras, correspondientes a discos de dentina de 1 mm +/- 0,1 mm de grosor. Las muestras fueron divididas en grupos de 12 discos cada uno. Uno de ellos fue utilizado como control y no fue sometido a tratamiento adhesivo. A los siguientes cinco grupos (A1, A2, A3, A4 y A5), se les aplicó una capa de adhesivo 3M ESPE Single Bond Universal ® esperando la evaporación pasiva del solvente; 10 segundos, 30 segundos, 60 segundos, 300 segundos y 50 minutos respectivamente. Se realizó la medición de la tasa de flujo de las muestras a través de una Cámara de Difusión y se determinó la conductancia hidráulica de cada una de ellas.

Los datos fueron tabulados y analizados estadísticamente mediante las pruebas de Shapiro – Wilk, ANOVA 1 vía y post hoc de Tukey (SPSSv15). Los resultados como medias para la conductancia hidráulica de cada grupo por separado fueron: Control (0,049), A1 (0,000516), A2 (0,000178), A3 (0,00006), A4 (0,0000525), A5 (0,00005) expresados en $\mu\text{l}/\text{min}\cdot\text{cm}^2$.

Se pudo concluir que los diferentes tiempos de evaporación pasiva no influyen en los valores de conductancia hidráulica. Además, los distintos intervalos de tiempo de evaporación pasiva previa fotopolimerización no mejoran el sellado dentinario.

INTRODUCCION

La dentina conforma la estructura central de los dientes. Túbulos que se extienden desde la pulpa hasta el límite amelodentinario atraviesan el espesor de la dentina. Estos túbulos le dan la característica física de permeabilidad.

La permeabilidad es definida como la capacidad para permitir el paso de un solvente o solución a través de él, por lo tanto la permeabilidad dentinaria se define como el pasaje de fluidos, iones, moléculas, partículas y bacterias a través del tejido dentinario bajo diferentes condiciones, además entre dentina y pulpa existe un intercambio activo de sustancias, estableciéndose una estrecha relación entre estos dos tejidos, lo que se conoce como complejo dentino-pulpar (Mjor, 2009).

Este complejo dentino-pulpar, cumple una importante función en la fisiopatología dentaria relacionándose con el fenómeno de la hipersensibilidad dentaria, por lo tanto al ocluir los túbulos dentinarios, se estarían bloqueando los estímulos extrínsecos de manera mecánica, y con esto, la hipersensibilidad puede ser aliviada (Fu et al., 2007).

Con el empleo de adhesivos en dentina, se ha confirmado una disminución significativa en el movimiento de fluidos a través de la dentina. Pese a los avances en la odontología adhesiva, el sellado de las superficies dentinarias expuestas continua siendo un problema (Ajcharanukul et al., 2010).

Este estudio tiene por objetivo determinar si el tiempo de evaporación pasiva del solvente de un adhesivo utilizado sobre la superficie dentinaria afecta significativamente la permeabilidad de éste, ya que no se ha estudiado la influencia de esta variable en la difusión transdentinaria.

MARCO TEORICO

GENERALIDADES DE LA DENTINA

El diente es un órgano formado por diferentes tejidos: esmalte, dentina, pulpa, y cemento (Ferraris, 2009).

La dentina es el eje estructural del diente y constituye el tejido mineralizado que conforma el mayor volumen de la pieza dentaria. Está delimitada en coronal por el esmalte y en radicular por el cemento. La cámara pulpar está limitada por la dentina, la cual contiene a la pulpa dental (Ferraris, 2009).

La dentina se caracteriza por ser un tejido mineralizado, constituido en un 50% por componente inorgánico, llamado hidroxapatita carbonatada, un 30% en volumen de materia orgánica, rica en colágeno tipo I y un 20% de agua (Ferraris, 2009).

Los túbulos dentinarios atraviesan en todo su espesor a la dentina y alojan el proceso odontoblástico, elementos neurales y líquidos de los tejidos que forman canales para la transferencia de diversos estímulos e irritantes (térmicos, químicos, microbianos) a la pulpa dental (Schellenberg et al., 1992). Se desconocen los mecanismos exactos a través del cual los estímulos atraviesan la dentina y actúan sobre las terminaciones nerviosas pulpares y sólo podemos explicar este proceso a través de hipótesis, entre las cuales la más aceptada es la teoría hidrodinámica (Gil Loscos FJ, 2006).

PERMEABILIDAD DENTINARIA

La estructura tubular de la dentina proporciona los canales para la permeabilidad de sustancias a través de la dentina, lo que permite a diferentes elementos penetrar con relativa facilidad hacia y desde el interior de la pulpa. La permeabilidad dentinaria es una de las propiedades de mayor importancia en la práctica clínica por el sistema de adhesión de los biomateriales (Ferraris, 2009), ya que los túbulos ocluidos no pueden ser penetrados por materiales de restauración, pilar fundamental de la odontología restauradora moderna (Mjor, 2009).

En física, la permeabilidad se refiere a la facilidad de paso y/o velocidad de difusión a través de los tejidos en diferentes condiciones. La permeabilidad de la dentina se define como el pasaje de fluidos, iones, moléculas, partículas y bacterias a través de la dentina (Mjor, 2009).

La pulpa dental es uno de los pocos tejidos del cuerpo que presenta una presión normal de fluido intersticial del tejido relativamente alta. Esto significa que existe un gradiente de presión en los túbulos dentinarios en condiciones normales. Este gradiente de presión puede ser imitado in vitro utilizando un diseño experimental para compensar el gradiente de presión en la pulpa de dientes extraídos (Pashley and Pashley, 1991).

Los túbulos dentinarios tienen forma de cono invertido, aumentando su diámetro y número hacia la pulpa, teniendo un promedio de 1,7 μm en la periferia y 3,5 μm en la proximidad a la pulpa (Mjor, 2009; Pashley, 1991). La permeabilidad dentinaria no es igual a lo largo del diente, debido a que el número de túbulos/ mm^2 no es uniforme. La dentina bajo el límite amelodentinario posee aproximadamente 15.000 a 19.000 túbulos/ mm^2 , mientras que la dentina cercana a la pulpa posee 45.000 túbulos/ mm^2 , por lo que la dentina superficial es muy distinta a la dentina profunda (Pashley et al.,

2002). Además, con la edad se produce la obliteración gradual de la luz tubular lo que modifica su capacidad permeable (esclerosis fisiológica) (Ferraris, 2009).

La tasa de transferencia de los irritantes está en función de la densidad y el diámetro de los túbulos (Schellenberg et al., 1992). El comportamiento del flujo del fluido dentinario se ajusta a la ecuación de dinámica de fluidos, específicamente la ecuación de Poiseuille – Hagen. Esta ecuación puede ser aplicada a la filtración a través de la dentina (Figura 1), siendo los factores físicos que determinan el movimiento de fluido la presión tisular pulpar, viscosidad del fluido dentinario, longitud media de los túbulos y el radio de los túbulos dentinarios (Conejo Fernández B. , 1995).

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

Fig. 1. Ecuación de Poiseuille aplicada a la filtración a través de la dentina. F es el volumen de flujo que aparece en la superficie dentinaria. 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.

Debido a la complejidad para poder medir la longitud y el radio de los túbulos dentinarios de distintos dientes, y siendo el radio tubular medio el más sensible dentro de la ecuación, pequeñas variaciones de este pueden ocasionar grandes cambios en la permeabilidad dentinaria (Prati, 1994). Por lo anterior, en estudios de comparación de la permeabilidad dentinaria, se utiliza una ecuación más sencilla, que es la ecuación de la Conductancia Hidráulica, que se define como el flujo asociado a la unidad de superficie a través de la cual se produce la filtración. La ecuación que la define se muestra en la Figura 2. Según esto la permeabilidad de la dentina aumenta a medida que nos acercamos a la cámara pulpar, ya que existe una mayor densidad de túbulos, de mayor diámetro y menor longitud (Conejo Fernández B. , 1995).

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

Fig. 2. 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.

ADHESION A DENTINA

Los estudios de permeabilidad dentinaria se relacionan principalmente con los conceptos de hipersensibilidad y al estudio de materiales adhesivos (Prati, 1994).

La adhesión es la atracción molecular entre superficies de cuerpos distintos puestos en contacto. Un material intermedio, un adhesivo, se puede utilizar para unir dos objetos que estarán juntos (Eick et al., 1997), pero el éxito y durabilidad de esta unión depende de distintos factores entre los que encontramos factores asociados al agente adhesivo, a la eficacia de la fuente de curado, la volatilización del solvente, la temperatura y humedad del ambiente oral (Argolo et al., 2012).

Durante la preparación de cavidades es inevitable la exposición de los túbulos dentinarios. Por esto los materiales adhesivos buscan ocluirlos, bloqueando los estímulos extrínsecos de manera mecánica (Sahin et al., 2012).

Un avance importante en la adhesión directa a los tejidos sin la eliminación innecesaria de tejido dentario ocurrió con el descubrimiento de Buonocore, ya que el grabado ácido mejora significativamente la unión de las restauraciones a

las superficies de esmalte (Vaidyanathan and Vaidyanathan, 2009). Nakabayashi demostró que la eliminación de la fase mineral de la superficie de la dentina con grabado ácido expone la matriz de colágeno dentinario como un sustrato de unión, permite la infiltración de adhesivo, convirtiéndose en un enfoque seguro y práctico para mejorar la unión a la dentina (Nakabayashi et al., 1982).

El mecanismo de unión de los sistemas adhesivos implica la sustitución de minerales eliminados del tejido duro dental por monómeros de resina (Eick et al., 1997; Munoz et al., 2013). Para lograr esto es fundamental la eliminación del barro dentinario por el grabado ácido y lograr hacer permeable la dentina a agentes adhesivos (Cardoso et al., 2011). Al remover el barro dentinario se hace posible la penetración del adhesivo de tal manera que se convierte en un polímero micro-enclavado mecánicamente al sustrato dental. La entrada del adhesivo a la fase colágena y su posterior polimerización forman la capa híbrida (Eick et al., 1997; Munoz et al., 2013). Este proceso de infiltración del adhesivo en la matriz fibrilar de colágeno de la dentina desmineralizada, se denomina hibridación (Eick et al., 1997). La penetración en los túbulos dentinarios, permite sellarlos efectivamente y disminuir la permeabilidad de la dentina (Pashley et al., 1993; Sahin et al., 2012).

La capacidad de infiltrar la fase colágena de la dentina es gracias al solvente del adhesivo. Además, la acción efectiva del solvente está directamente relacionada con su evaporación adecuada, ya que altos niveles de solvente en las capas de adhesivo, pueden inhibir la polimerización, poner en peligro las propiedades mecánicas de las capas de adhesivo y reducir la fuerza de adhesión a la dentina (Argolo et al., 2012).

En estudios se concluyó que ningún sistema adhesivo testeado es capaz de bloquear en su totalidad la permeabilidad de la dentina, sin embargo, para todos ellos los valores de ésta disminuyeron luego de su aplicación. Se ha demostrado también que la sensibilidad al aire disminuye significativamente con el uso de adhesivos en restauraciones (Chersoni et al., 2004; Gregoire et al., 2003; Sahin et al., 2012; Sauro et al., 2007).

EVAPORACION DEL SOLVENTE DEL ADHESIVO

Los monómeros de la resina se disuelven en solventes, como son la acetona, el etanol, agua y combinaciones, los que mejoran la difusión del monómero en la matriz desmineralizada de la dentina (Abate et al., 2000; Pashley and Carvalho, 1997; Reis et al., 2003). Para formar una capa híbrida de buena calidad se debe producir una infiltración óptima del monómero entre las fibrillas de colágeno de la matriz desmineralizada y la eliminación de la mayor cantidad de agua y solvente de la superficie antes de polimerizar (De Munck et al., 2005).

Debido a un insuficiente tiempo de evaporación del solvente luego de la aplicación del adhesivo, se ha reportado la formación de micro grietas, pérdida de la resistencia mecánica, absorción de agua del polímero y menor grado de conversión del polímero (Ikeda et al., 2005; Krithikadatta, 2010).

El secado con aire de jeringa triple se utiliza para acelerar la evaporación del solvente y el agua, asegurando mejores condiciones de polimerización del adhesivo infiltrado en la dentina (Mjor, 2009). Por lo tanto, al aumentar el tiempo de secado, aumenta la evaporación del solvente del adhesivo. Se sabe que el tiempo de secado y la temperatura afectan la resistencia de unión de los adhesivos (Manuja et al., 2012), por lo que si prolongamos el tiempo de secado se produciría una reducción de la distancia entre los monómeros del adhesivo (Argolo et al., 2012).

La evaporación pasiva en estudios anteriores se describe como un método de evaporación diferente al recomendado por el fabricante (Giannini et al., 2008) o también como un tiempo de permanencia o reposo antes del soplado activo (Argolo et al., 2012; Borges et al., 2012).

3M ESPE SINGLE BOND UNIVERSAL ADHESIVE®

Es un adhesivo dental (Figura 3) que puede ser utilizado con técnica de grabado total, autograbado o grabado selectivo, tanto en restauraciones directas como indirectas (Profile, 2013).



Fig. 3. Adhesivo 3M ESPE Single Bond Universal ®

Su composición consta de: MDP (Metacriloxidecildihidrogenofosfato), dimetacrilatos, HEMA, copolímero Vitrebond™, relleno, etanol, agua, iniciador y silano (Profile, 2013).

Según el perfil técnico del producto, Single Bond Universal® es capaz de proveer una alta adhesión para el sellado de la dentina, al ser usado tanto en modo autograbante como grabado total. Con esto, bloquea túbulos dentinarios abiertos, protege de una potencial hipersensibilidad e incluso otorga alivio a pacientes sintomáticos (Profile, 2013).

Al estudiar un adhesivo con etanol como solvente y MDP (Single-step Clearfil® Tri-S Bond), al ser dispensado sobre una superficie y sometido a soplado con jeringa triple o esperando la evaporación pasiva del solvente, se observó que: a) en 10 minutos de secado con jeringa triple se pierde el 30% del peso del adhesivo, b) esperando la evaporación pasiva se pierde el 30% del peso del solvente a los 50 minutos (Ito et al., 2010).

Pese a que se conocen experimentos in vitro de evaporación pasiva, secado con jeringa triple y técnicas combinadas, no hay diferencia en el grado de conversión del adhesivo (Giannini et al., 2008a); (Borges et al., 2012a). Sumado a que no se cuenta con antecedentes de cómo influiría el grado de evaporación pasiva del solvente en el sellado de los túbulos dentinarios, lo que podría traducirse en una mayor o menor permeabilidad dentinaria, puesto que al facilitar el secado del solvente existe controversia acerca de este paso, debido a que el tiempo de secado con aire puede no ser capaz de inducir de forma significativa la evaporación del exceso de solvente, determinando así una disminución en el espesor del adhesivo antes de la fotopolimerización (Miyazaki et al., 2003). Debido a lo anterior mediante la evaporación pasiva se mantendría el espesor de éste luego de la aplicación. También aumentando el tiempo de espera para la fotopolimerización hay una mayor evaporación del solvente, se mejora la resistencia de unión y hay una unión estable entre resina y dentina. Y esto sucede por una mejor infiltración del adhesivo lo que significa una menor permeabilidad de la capa de adhesivo (Reis et al., 2013).

Al analizar diferentes tiempos de evaporación pasiva de distintos tipos de adhesivos con distintos solventes orgánicos, el grado de conversión de los adhesivos fue similar y no se vio afectado por las diferentes condiciones de evaporación del solvente (Borges et al., 2012b; Giannini et al., 2008b), por lo que al reemplazar el secado con jeringa por la evaporación pasiva y esperar intervalos de tiempo diferentes podríamos obtener una matriz de polímero bien definida en la capa híbrida y con las propiedades adecuadas para la larga duración de las restauraciones y con menor persistencia de solvente en la capa híbrida (Argolo et al., 2012; Giannini et al., 2008b; Reis et al., 2003).

HIPÓTESIS

H0: No hay diferencia significativa en la conductancia hidráulica entre discos de dentina que han sido tratados con diferentes tiempos de evaporación pasiva del solvente (10 segundos, 30 segundos, 60 segundos, 300 segundos y 50 minutos).

H1: Existe disminución de la conductancia hidráulica entre discos de dentina que han sido tratados con diferentes tiempos de evaporación pasiva del solvente (10 segundos, 30 segundos, 60 segundos, 300 segundos y 50 minutos).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Comparar la conductancia hidráulica in vitro en discos de dentina humana que han sido tratados con diferentes tiempos de evaporación pasiva del solvente (10 segundos, 30 segundos, 60 segundos, 300 segundos y 50 minutos).

OBJETIVO ESPECIFICO

- Determinar la conductancia hidráulica in vitro en discos de dentina a los que se les ha aplicado una capa de adhesivo y se ha esperado 10 segundos de evaporación pasiva del solvente.
- Determinar la conductancia hidráulica in vitro en discos de dentina a los que se les ha aplicado una capa de adhesivo y se ha esperado 30 segundos de evaporación pasiva del solvente.
- Determinar la conductancia hidráulica in vitro en discos de dentina a los que se les ha aplicado una capa de adhesivo y se ha esperado 60 segundos de evaporación pasiva del solvente.
- Determinar la conductancia hidráulica in vitro en discos de dentina a los que se les ha aplicado una capa de adhesivo y se ha esperado 300 segundos de evaporación pasiva del solvente.
- Determinar la conductancia hidráulica in vitro en discos de dentina a los que se les ha aplicado una capa de adhesivo y se ha esperado 50 minutos de evaporación pasiva del solvente.
- Comparar los resultados obtenidos.

MATERIALES Y METODOS

MATERIALES

- 72 terceros molares humanos (obtenidos bajo criterios de inclusión).
- Solución de Timol al 0,1%.
- Curetas gracey 13-14, American Eagle.
- Suero Fisiológico 0,9%.
- Moldes de silicona (Speedex Silicona Condensación Putty Pesada).
- Vaselina.
- Clips.
- Cera Amarilla.
- Micro-pinceles.
- Papel Abrasivo (Silicon Paper N° 180 y 600, SIA, Switzerland).
- Calibrador para metales 1/10 mm (Medimax® International).
- Resina Epóxica (Arteplastica, Epo 100).
- Ácido Ortofosfórico al 37% (AAlen, 10 ml).
- Cronometro digital.
- Cianoacrilato (Ceys® Super Ceys Pincel).
- Recortadora Isomet Buehler Ler Lakebuff IL, USA 1000.
- Agua destilada.
- Adhesivo 3M ESPE Single Bond Universal, 5 ml.
- Lámpara de fotocurado 3M ESPE Elipar 2500.
- Cámara de difusión (según modelo dispuesto por Pashley y cols.).
- Software computacional Image J.

MÉTODO

El presente estudio corresponderá a un estudio de tipo observacional realizado *in vitro*.

Muestra:

La muestra estuvo conformada por 72 terceros molares humanos superiores e inferiores, cuyos criterios de inclusión fueron: diente sano con indicación de exodoncia, libre de caries, en inoclusión, de pacientes adultos sanos (ASA I) de entre 18 y 30 años edad. Cada uno de los participantes del estudio donó sus molares previa firma de un consentimiento informado aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile (anexo 1).

Los dientes fueron desinfectados durante 24 horas en solución de Timol al 0,1%. Posteriormente se limpiaron, procurando remover todos los restos de ligamento periodontal y encía usando una cureta (Gracey 13-14 American Eagle) para luego ser conservados en suero fisiológico al 0,9% a temperatura ambiente (Figura 4).

Los dientes se retiraron del medio de conservación y se grabaron con ácido ortofosfórico al 37% (Ácido ortofosfórico AAlen, gel al 37%, 10 ml) por todo el esmalte (vestibular, palatino/lingual, mesial y distal) durante 30 segundos, se lavaron con agua por el doble del tiempo y secaron para posteriormente aplicarles una capa de cianoacrilato (Ceys® Super Ceys Pincel) para asegurar un sellado hermético e íntimo entre la superficie del molar y la resina epóxica.



Fig. 4. Tercer molar desinfectado y conservado en suero fisiológico al 0.9%.

Los molares se ubicaron al interior de un molde de silicona envaselinado de 25 mm de diámetro y 20 mm de altura, apoyados en el centro sobre su cara oclusal y haciendo coincidir su eje principal con el eje del cilindro. Luego cada molde fue vaciado con resina epóxica (Arteplastica, Epo 100) y se introdujo un clip modificado para posteriormente retirar los moldes. Luego de transcurridas 48 horas para una correcta polimerización, según las indicaciones del fabricante, se retiraron los cilindros de los moldes (Figura 5) y se obtuvieron cilindros de 25 mm de diámetro y 20 mm de alto con un molar incluido en su interior.

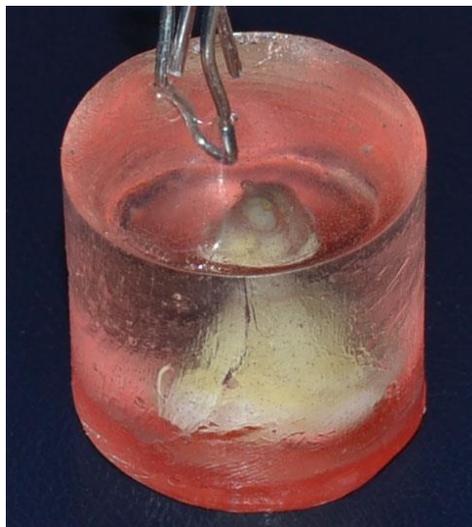


Fig. 5. Cilindro de resina epóxica luego de transcurrido 48 horas de polimerización.

A las muestras se le realizaron cortes paralelos a la cara oclusal de los dientes, procurando eliminar la última capa de esmalte para obtener discos de dentina de 1mm +/- 0,1 mm de grosor. Para realizar los cortes se utilizó una sierra de baja velocidad Isomet 1000 (Isomet Buehler Ler Lakebuff IL, USA 1000) bajo abundante irrigación (Figura 6). Los discos que en su cara oclusal presentaron remanente de esmalte fueron lijados con lija N° 180 hasta eliminarlo bajo agua circulando.



Fig. 6. Sierra de baja velocidad Isomet 1000 (Isomet Buehler Ler Lakebuff IL. USA 1000)

Cada disco fue rotulado marcando su cara oclusal con una O y enumerados correlativamente del 1 al 72 para realizar la randomización y obtener los 6 grupos de trabajo.

Antes de realizar el grabado de los discos se dejaron sin agua por 24 horas. Luego de transcurrido este tiempo se lijaron los discos 1 minutos por cada cara (oclusal y pulpar) con lija N° 600 bajo refrigeración constante para regularizar sus caras, y estandarizar los grosores y alisamiento superficial. Sobre la dentina oclusal y pulpar de cada disco se realizo un grabado con ácido ortofosfórico al 37% por 15 segundos para eliminar el barro dentinario y luego se lavó bajo un chorro de agua constante por el doble del tiempo (30 segundos). Finalmente se secaron con papel absorbente manteniendo la superficie húmeda, obteniendo discos de un grosor de 1 mm +/- 0,1 mm.

Se obtuvieron un total de 72 discos de dentina de un grosor de 1 mm +/- 0,1 mm (Figura 7), los cuales fueron enumerados correlativamente y divididos en 6 grupos de 12 muestras cada uno. El primer grupo **control** no se le realizo ninguna aplicación de adhesivo. Los siguientes grupos fueron distribuidos y tratados de la siguiente manera:

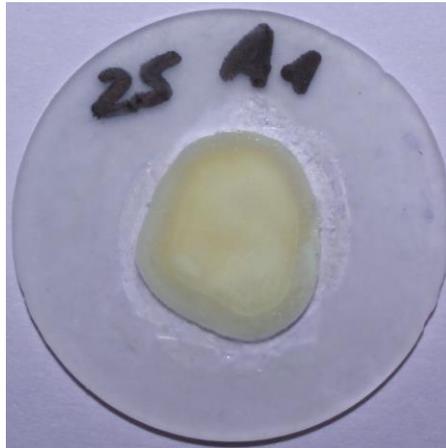


Fig. 7. Disco de dentina de grosor de 1mm +/- 0,1.

- 1.- Grupo Control:** 12 discos de dentina sin tratamiento adhesivo.
- 2.- Grupo A₁:** 12 discos de dentina que se les aplicó una capa de adhesivo (3M ESPE Single Bond Universal) y se esperaron 10 segundos de evaporación pasiva del solvente.
- 3.- Grupo A₂:** 12 discos de dentina que se les aplicó una capa de adhesivo (3M ESPE Single Bond Universal) y se esperaron 30 segundos de evaporación pasiva del solvente.
- 4.- Grupo A₃:** 12 discos de dentina que se les aplicó una capa de adhesivo (3M ESPE Single Bond Universal) y se esperaron 60 segundos de evaporación pasiva del solvente.
- 5.- Grupo A₄:** 12 discos de dentina que se les aplicó una capa de adhesivo (3M ESPE Single Bond Universal) y se esperaron 300 segundos de evaporación pasiva del solvente.
- 6.- Grupo A₅:** 12 discos de dentina que se les aplicó una capa de adhesivo (3M ESPE Single Bond Universal) y se esperaron 50 minutos de evaporación pasiva del solvente.

La capa de adhesivo (Adhesivo Scotchbond™ Universal de 3M ESPE) se aplicó sobre la cara oclusal de los discos, según las indicaciones del fabricante: se frotó vigorosamente sobre la dentina durante 20 segundos con un micro pincel pero se cambió el soplado con jeringa triple por la espera pasiva de evaporación del solvente en cada grupo, finalmente se realizó el fotocurado durante 20 segundos. Se procuró aplicar una capa fina, evitando los excesos, para no formar irregularidades en la superficie de los discos, que impidieran el correcto sellado de la cámara.

Para obtener un modelo experimental coherente con la permeabilidad dentinaria, se realizó la medición de la permeabilidad dentinaria posterior a la remoción del barro dentinario.

A todos los discos se les realizó mediciones de flujo durante 20 minutos para comparar los resultados.

El modelo experimental que se utilizó para medir el flujo (Cámara de difusión) es una modificación al dispuesto por Pashley y cols (Pashley et al., 1983). Éste se confeccionó con un reservorio de agua destilada en una columna vertical de agua de 200 mm, conectada a una llave de paso. Luego, por medio de una manguera de presión se conectó un tubo capilar milimetrado en posición horizontal (paralelo al piso), al cual se le incorporó una burbuja de aire que funcionó como guía de visualización y medición. El capilar se conectó distalmente con una manguera de presión a una cámara en donde se fijaron los discos en estudio, sellados por medio de un anillo de silicona (Figura 8).

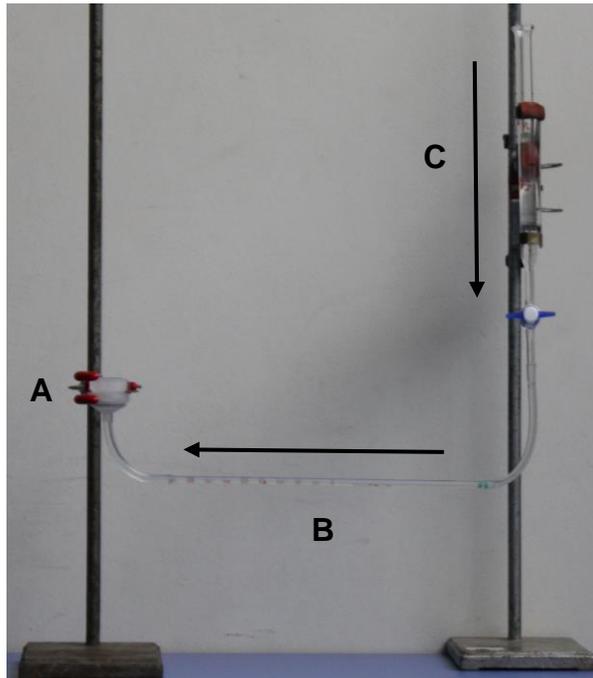


Fig. 8. Cámara de Difusión. A. Muestra fijada en la cámara, B. Dirección del Flujo, C. Presión Hidrostática 20 cm.

La tasa de flujo a través de los discos de dentina fue medida registrando la posición inicial de la burbuja de aire dentro del capilar, para luego de transcurridos 20 minutos, consignar su posición final (Figura 9).

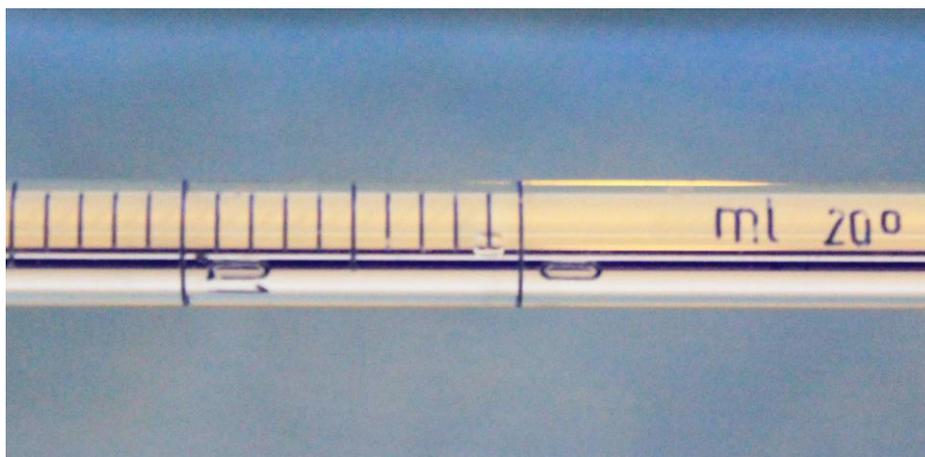


Fig. 9. Burbuja de aire dentro del capilar.

Con el fin de establecer el correcto funcionamiento de la Cámara de Difusión, antes de comenzar las mediciones, se instaló un disco sólido de resina epóxica como control negativo.

El área de dentina expuesta por disco, fue calculada por el software computacional ImageJ, de amplio uso en medicina (Collins, 2007). Este permite establecer manualmente, por medio del manejo computacional de la imagen, un área seleccionada; en este caso el área dentinaria expuesta de cada uno de los discos (Figura 10). Para esto, se fotografió cada una de las muestras junto a una regla milimetrada.

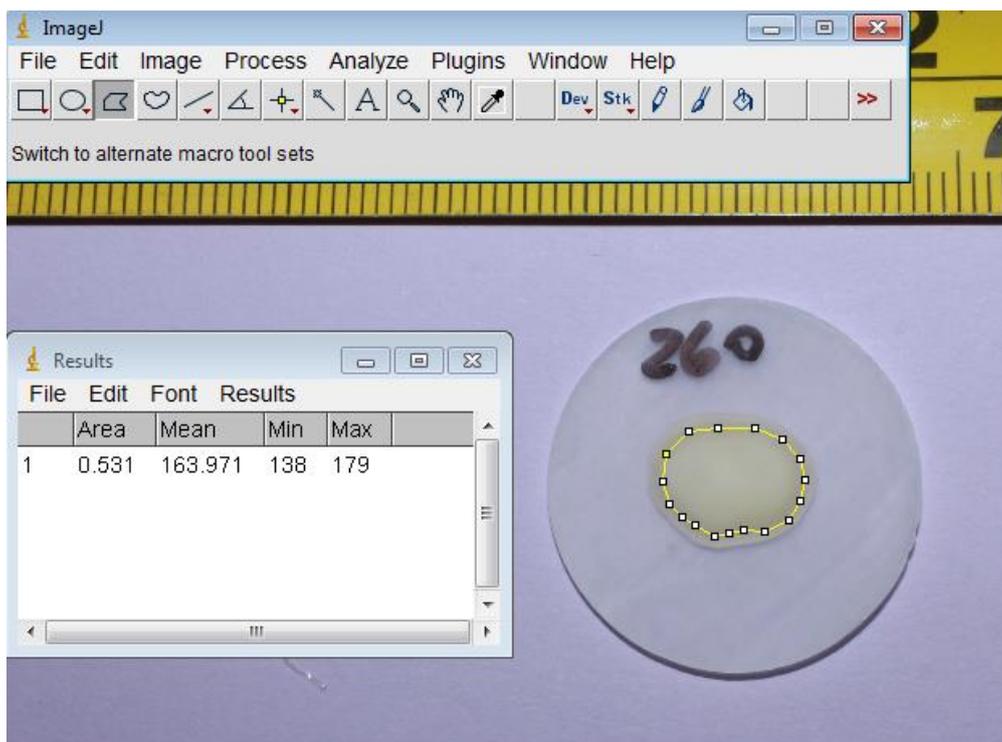


Fig. 10. Calculo del área de la dentina, utilizando programa ImageJ.

Obtenidos los resultados, se procedió a calcular la conductancia hidráulica mediante la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{F}{A * P * T}$$

Donde:

CH: Conductancia hidráulica de la dentina en $\mu\text{l}/\text{cm}^2/\text{min}$.

F: Tasa de filtración en $\mu\text{l}/\text{min}$

A: Área superficial de dentina en cm^2

P: Diferencia de presión hidrostática a través de la dentina en cmH_2O

T: Tiempo de medición en min.

La conductancia hidráulica (CH) corresponde a una fórmula que determina la permeabilidad, 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, en este caso 20 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, ANOVA 1 vía y post hoc de Tukey (SPSSv15).

La prueba estadística Shapiro–Wilk se usa para contrastar la normalidad de un conjunto de datos.

La prueba estadística ANOVA se utiliza en las situaciones en que nos interesa analizar una respuesta cuantitativa, llamada habitualmente variable dependiente, medida bajo ciertas condiciones experimentales, llamadas variables independientes. El objetivo principal del ANOVA es contrastar si existen diferencias entre las diferentes medias de los niveles de las variables.

La prueba estadística post hoc de Tukey se ocupa en situaciones donde se presentan grupos equilibrados (mismo número de muestras), para buscar diferencias entre los grupos. Es una técnica de comparaciones múltiples.

RESULTADOS

De un total de 72 Terceros Molares recolectados en perfectas condiciones para el estudio, se obtuvieron 72 discos de dentina de 1mm (+/- 0,01 mm).

La tabla 1, muestra los valores obtenidos del área de cada disco dentinario obtenidas por medio del programa ImageJ. A demás podemos observar que la media de los grupos de estudio no varía considerablemente por lo que áreas muy parecidas serán sometidas a estudio. El área fue útil para medir la conductancia hidráulica dentinaria específica de cada diente.

Tabla 1. Área dentinaria de cada disco, expresada en cm².

Control		Grupo A ₁		Grupo A ₂		Grupo A ₃		Grupo A ₄		Grupo A ₅	
Disco	Área (cm ²)	Disco	Área (cm ²)	Disco	Área (cm ²)	Disco	Área (cm ²)	Disco	Área (cm ²)	Disco	Área (cm ²)
1	0,607	13	0,45	25	0,669	37	0,529	49	0,404	61	0,36
2	0,294	14	0,596	26	0,468	38	0,645	50	0,67	62	0,555
3	0,495	15	0,651	27	0,515	39	0,685	51	0,436	63	0,42
4	0,459	16	0,556	28	0,471	40	0,536	52	0,517	64	0,535
5	0,451	17	0,563	29	0,398	41	0,451	53	0,576	65	0,367
6	0,526	18	0,561	30	0,554	42	0,506	54	0,527	66	0,515
7	0,791	19	0,546	31	0,375	43	0,528	55	0,563	67	0,736
8	0,500	20	0,461	32	0,684	44	0,479	56	0,405	68	0,53
9	0,730	21	0,39	33	0,614	45	0,59	57	0,509	69	0,632
10	0,730	22	0,495	34	0,695	46	0,384	58	0,667	70	0,437
11	0,373	23	0,552	35	0,422	47	0,308	59	0,47	71	0,584
12	0,341	24	0,524	36	0,689	48	0,393	60	0,525	72	0,53
MEDIA:	0,525		0,528		0,546		0,502		0,522		0,516

La tabla 2, expone los valores registrados de las tasas de flujo de los discos de dentina de cada grupo, en $\mu\text{l}/\text{min}$. Se observa que el grupo control (sin tratamiento adhesivo) presentó los valores más altos de flujo. Todos los grupos experimentales que fueron sometidos a técnica adhesiva, obtuvieron valores de tasas de flujo notablemente inferiores a las del grupo control.

Tabla 2. Tasa de flujo en $\mu\text{l}/\text{min}$ de cada disco de dentina.

Control		Grupo A ₁		Grupo A ₂		Grupo A ₃		Grupo A ₄		Grupo A ₅	
Disco	Tasa de Flujo	Disco	Tasa de Flujo	Disco	Tasa de Flujo	Disco	Tasa de Flujo	Disco	Tasa de Flujo	Disco	Tasa de Flujo
1	0,460	13	0,001	25	0,001	37	0,001	49	0,0005	61	0,0002
2	0,310	14	0,015	26	0,0015	38	0,0005	50	0,0003	62	0,0006
3	0,350	15	0,005	27	0,0005	39	0,0005	51	0,0005	63	0,0005
4	0,200	16	0,0015	28	0,0025	40	0,0007	52	0,0005	64	0,0005
5	0,470	17	0,0012	29	0,001	41	0,001	53	0,0004	65	0,0004
6	0,900	18	0,0015	30	0,006	42	0,0008	54	0,0006	66	0,0005
7	0,300	19	0,008	31	0,0015	43	0,0005	55	0,001	67	0,001
8	0,600	20	0,003	32	0,0015	44	0,0005	56	0,0004	68	0,0006
9	0,560	21	0,011	33	0,001	45	0,0006	57	0,001	69	0,0006
10	0,700	22	0,0015	34	0,002	46	0,0006	58	0,0005	70	0,0002
11	0,550	23	0,001	35	0,002	47	0,0005	59	0,0004	71	0,0005
12	0,450	24	0,008	36	0,002	48	0,0005	60	0,0003	72	0,0007
MEDIA:	0,488	0,0048		0,00187		0,00064		0,00053		0,00052	

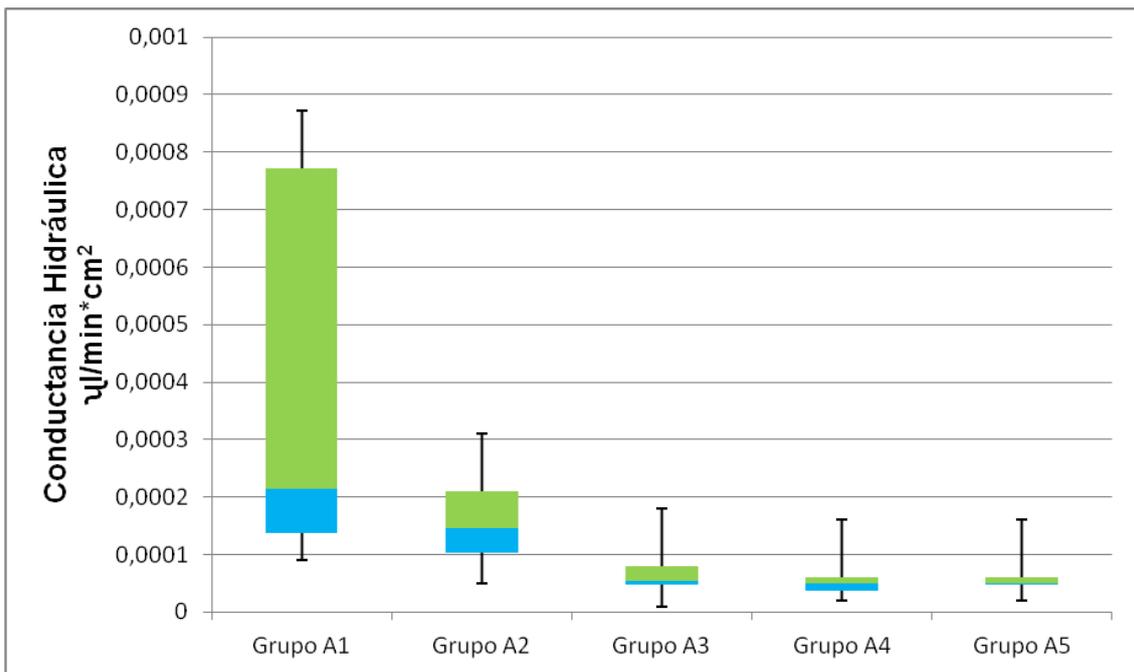
En la tabla 3, se observan los valores de conductancia hidráulica para cada disco de dentina, calculada una vez obtenidos el área de dentina y la tasa de flujo para cada muestra. Se observa que el grupo control presenta una Conductancia Hidráulica mayor a los grupos experimentales. También las Desviaciones Estándar (D.E) de cada grupo son pequeñas por lo que existe variabilidad pequeña de los datos respecto a la media.

Tabla 3. Conductancia Hidráulica (C.H.) de cada disco de dentina, expresada en $\mu\text{l}/\text{min}.\text{cm}^2$.

Control		Grupo A ₁		Grupo A ₂		Grupo A ₃		Grupo A ₄		Grupo A ₅	
Disco	C.H	Disco	C.H	Disco	C.H	Disco	C.H	Disco	C.H	Disco	C.H
1	0,0379	13	0,00009	25	0,00007	37	0,00001	49	0,00006	61	0,00003
2	0,0527	14	0,00163	26	0,00016	38	0,00004	50	0,00002	62	0,00005
3	0,0354	15	0,00056	27	0,00005	39	0,00004	51	0,00006	63	0,00006
4	0,0218	16	0,00014	28	0,00027	40	0,00007	52	0,00005	64	0,00005
5	0,0521	17	0,00009	29	0,00013	41	0,00011	53	0,00003	65	0,00005
6	0,0856	18	0,00013	30	0,00054	42	0,00008	54	0,00006	66	0,00005
7	0,0190	19	0,00081	31	0,0002	43	0,00005	55	0,00009	67	0,00007
8	0,0600	20	0,00027	32	0,00011	44	0,00005	56	0,00005	68	0,00006
9	0,0384	21	0,00141	33	0,00008	45	0,00005	57	0,0001	69	0,00005
10	0,0479	22	0,00014	34	0,00014	46	0,00008	58	0,00004	70	0,00002
11	0,0737	23	0,00016	35	0,00024	47	0,00008	59	0,00004	71	0,00004
12	0,0660	24	0,00076	36	0,00015	48	0,00006	60	0,00003	72	0,00007
MEDIA:	0,049		0,000516		0,000178		0,00006		0,0000525		0,00005
D.E	0,0201		0,00054		0,00013		0,00003		0,00002		0,00001

En el Gráfico 1 se presentan las dispersiones de datos (Conductancia Hidráulica) de los grupos en estudio sin el grupo control. Se observa que las conductancias hidráulicas obtenidas por el Grupo A1 son mayores, con una distribución no homogénea entre el percentil 25 y 75, un grupo entre el percentil 50 y 75 muy disperso, además de un máximo que es muy superior a los demás grupos. Por otro lado, el grupo A2 tiene un máximo mayor a los grupos A3, A4 y A5. Por último estos 3 grupos presentan una distribución similar entre sí.

Gráfico 1: Conductancia Hidráulica de los grupos tratados con Single Bond Universal®.



Una vez obtenidos los resultados, fueron sometidos a análisis estadístico a través del programa computacional SPSS 21.0 en su versión para Microsoft Windows.

Los datos fueron analizados por la prueba de Shapiro-Wilk. Al ser sometidos los datos se determinó que la conductancia hidráulica de las muestras tenía una distribución normal (Tabla 4).

Tabla 4. Test de Normalidad

Grupo	Shapiro - Wilk		
	Estadístico	gf	Sig.
Conductancia C	0,976	12	0,962
A1	0,79	12	0,007
A2	0,795	12	0,008
A3	0,961	12	0,803
A4	0,923	12	0,314
A5	0,919	12	0,275

Por lo tanto, se continuó con el análisis de los datos a través de pruebas paramétricas (ANOVA y Tukey).

Tabla 5. Test de ANOVA.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-Grupos	0,024	5	0,005	71,376	,000
Intra-Grupos	0,004	66	0		
Total	0,028	71			

Mediante el Test ANOVA se comparo la variabilidad media que hay entre los grupos con la que hay dentro de cada uno de los grupos. De esta prueba se obtiene que el valor Sig. está por debajo de nuestro nivel $\alpha = 0,05$ ($p < 0.05$), por lo tanto si existe diferencia estadísticamente significativa entre los grupos al ser comparadas sus medias de conductancias hidráulicas (tabla 5).

Sin embargo, producto de las mismas limitaciones de esta prueba, junto con que detectamos diferencias significativas entre las conductancias hidráulicas y no sabemos específicamente entre cuales grupos se presenta la diferencia, aplicamos las pruebas de Rango Post-hoc, específicamente el Test de Tukey, cuyos resultados se observan en las Tablas 6 y 7. Aquí se observa que los grupos tratados con adhesivo no mostraron diferencias estadísticamente significativas, por otro lado, el grupo control si mostró una diferencia estadísticamente significativa.

Tabla 6. Test de Tukey.

(I) grupos	(J) grupos	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
control	grupo 1	.048892500*	.003351235	.000	.03885631	.05852869
	grupo 2	.049030000	.003351235	.000	.03919381	.05886619
	grupo 3	.049148333*	.003351235	.000	.03931214	.05898452
	grupo 4	.049155833*	.003351235	.000	.03931964	.05899202
	grupo 5	.049158333*	.003351235	.000	.03932214	.05899452
grupo 1	control	-.048892500*	.003351235	.000	-.05852869	-.03885631
	grupo 2	.000337500	.003351235	1,000	-.00949869	.01017369
	grupo 3	.000455833	.003351235	1,000	-.00938036	.01029202
	grupo 4	.000463333	.003351235	1,000	-.00937286	.01029952
	grupo 5	.000465833	.003351235	1,000	-.00937036	.01030202
grupo 2	control	-.049030000*	.003351235	.000	-.05886619	-.03919381
	grupo 1	-.000337500	.003351235	1,000	-.01017369	.00949869
	grupo 3	.000118333	.003351235	1,000	-.00971786	.00995452
	grupo 4	.000125833	.003351235	1,000	-.00971036	.00996202
	grupo 5	.000128333	.003351235	1,000	-.00970786	.00996452
grupo 3	control	-.049148333*	.003351235	.000	-.05898452	-.03931214
	grupo 1	-.000455833	.003351235	1,000	-.01029202	.00938036
	grupo 2	-.000118333	.003351235	1,000	-.00995452	.00971786
	grupo 4	.000007500	.003351235	1,000	-.00982869	.00984369
	grupo 5	.000010000	.003351235	1,000	-.00982619	.00984619
grupo 4	control	-.049155833*	.003351235	.000	-.05899202	-.03931964
	grupo 1	-.000463333	.003351235	1,000	-.01029952	.00937286
	grupo 2	-.000125833	.003351235	1,000	-.00996202	.00971036
	grupo 3	-.000007500	.003351235	1,000	-.00984369	.00982869
	grupo 5	.000002500	.003351235	1,000	-.00983369	.00983869
grupo 5	control	-.049158333*	.003351235	.000	-.05899452	-.03932214
	grupo 1	-.000465833	.003351235	1,000	-.01030202	.00937036
	grupo 2	-.000128333	.003351235	1,000	-.00996452	.00970786
	grupo 3	-.000010000	.003351235	1,000	-.00984619	.00982619
	grupo 4	-.000002500	.003351235	1,000	-.00983869	.00983369

Tabla 7. Test Tukey

Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
grupo 5	12	0,00005	
grupo 4	12	0,0000525	
grupo 3	12	0,00006	
grupo 2	12	0,00017833	
grupo 1	12	0,00051583	
Control	12		0,04920833
Sig.		1	1

*Se muestran promedios para grupos en subconjuntos homogéneos

a. Utiliza un tamaño de muestra armónico = 15,000.

DISCUSIÓN

Para entender el concepto de permeabilidad dentinaria es fundamental un conocimiento detallado acerca de la dentina. Existen muchos factores que afectan la permeabilidad y uno de ellos son los adhesivos dentales (Mjor, 2009).

El estudio de la permeabilidad dentinaria in vitro, tiene una serie de aplicaciones clínicas, como el uso de sistemas adhesivos y desensibilizantes. Considerando que la teoría hidrodinámica de la sensibilidad propone que cualquier movimiento del fluido al interior de los túbulos dentinarios causa la sensibilidad, se ha hecho necesario estudiar distintos tratamientos acerca a la oclusión de los túbulos dentinarios. Estos estudios in vitro de permeabilidad dentinaria servirán para predecir la conducta de los tejidos dentarios en la cavidad oral, pudiendo analizar distintos factores que intervienen en estos procesos (Pashley, 1986).

El modelo empleado para este estudio, está basado en el modelo utilizado por Reeders (Reeder et al., 1978), posteriormente usado también por otros investigadores. La Cámara de Difusión es una herramienta simple y confiable para medir la conductancia hidráulica de discos de dentina, lo que nos permite tener una aproximación a la permeabilidad dentinaria. En muchas investigaciones, tienden a aumentar significativamente la presión, debido a lo lento que es el proceso, con el fin de obtener medidas mayores. En nuestro caso se decidió utilizar una presión cercana a la fisiológica pulpar, presión que para muchos autores ronda entre los 12 y 18 cm H₂O (Ciucchi et al., 1995).

El sistema de medición de permeabilidad usado es simple, efectivo y barato, pero presenta algunas limitaciones. Uno de los inconvenientes del estudio es la forma de medición, ya que como se mencionó, las mediciones son realizadas de forma visual (forma simple y práctica), por lo que depende exclusivamente del criterio del investigador, el cual puede sesgar el registro de datos.

Investigadores compararon el método de registro visual con un método de registro electrónico (FLODEC). Llegando a la conclusión que la diferencia entre ambos métodos es pequeña, lo que es suficiente para considerarlos intercambiables, puesto que ambos métodos muestran errores que son estadísticamente insignificantes (De La Macorra and Escribano, 2002). Otro punto a considerar es la limitación dada por la pipeta utilizada, la cual no permite realizar mediciones de menos de 0,001 ml. Se midió solo 1 vez porque se ha determinado que no existen diferencias estadísticamente significativas entre diferentes mediciones de un mismo disco de dentina, ya sea en una misma máquina o en máquinas distintas (Hevia J, 2013).

A los discos de dentina que se utilizaron en el estudio fue indispensable eliminarles la capa de barro dentinario con ácido ortofosfórico por ambas caras, formada durante los cortes en la recortadora, ya que su presencia disminuye la permeabilidad de la dentina y se necesita una dentina permeable (Pashley et al., 1981; Tagami et al., 1991).

Un conjunto de estos estudios investigan los sistemas adhesivos, que actúan mediante la penetración de su monómero de resina en la dentina a través de los túbulos dentinarios, infiltrando la matriz de colágeno expuesta producto del grabado ácido (Mjor, 2009). Estos estudios han demostrado que su uso reduce la permeabilidad dentinaria, pero ningún sistema adhesivo es capaz de sellar completamente la dentina (Carvalho et al., 2012; Conejo Fernández B. , 1995; Gregoire et al., 2005; Sahin et al., 2012)).

En este estudio se utilizó el adhesivo Single Bond Universal®. En su formulación consta de MDP, dimetracrilatos, HEMA, copolímeros Vitre Bond, relleno, etanol, agua, iniciador y silano. Es capaz de promover una alta adhesión y sellado de la dentina, al ser ocupado como adhesivo convencional o autograbante. Los solventes polares agua y etanol sirven para diferentes propósitos, como la disolución de los monómeros, ionizante de monómeros funcionales, facilitar la penetración del monómero en la red colágena y

descolapsar la malla de colágeno (Abate et al., 2000; Van Landuyt et al., 2007). Al aplicar este adhesivo se debe frotar la superficie por 20 segundos, luego soplar suavemente por 5 segundos y fotopolimerizar por 20 segundos según las indicaciones del fabricante. Existen variables como el soplado con aire que pueden influir en la fuerza de adhesión a la dentina, ya que existen estudios anteriores que informan que las instrucciones de los fabricantes no se cumplen estrictamente por los profesionales y una de las razones para realizar este estudio es la posibilidad de estandarizar la evaporación del solvente (Peutzfeldt and Asmussen, 2002). El soplado con aire es importante para evaporar el solvente y asegurar una buena distribución del adhesivo sobre la superficie de la dentina (Miyazaki et al., 1996). Además, para los adhesivos todo en uno es importante una duración adecuada del soplado con aire para conseguir una completa evaporación del solvente y lograr una adhesión estable (Daneshmehr et al., 2013).

Numerosos estudios han evaluado la influencia de distintos tiempos de evaporación pasiva, sobre pellet de diferentes materiales (teflón y vidrio) y discos de dientes, a los cuales se les ha evaluado el grado de conversión, resistencia de la adhesión (Argolo et al., 2012; Borges et al., 2012b; Giannini et al., 2008b; Ikeda et al., 2005; Ito et al., 2010) y diferencias en la evaporación según tipo de solvente y formulación del adhesivo (Nihi et al., 2009). Por lo tanto, el motivo de este estudio es evaluar que sucede con la conductancia hidráulica transdentinaria al variar el soplado con aire entre la aplicación del adhesivo y el fotocurado, por la evaporación pasiva del solvente.

Por lo tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos, al aplicar el adhesivo y esperar la evaporación pasiva del solvente durante distintos intervalos de tiempo y polimerizar por 20 segundos, no se mejora el sellado dentinario. A mayor tiempo pasivo de espera, aumenta la evaporación del solvente (mejora la resistencia de unión). Esto último se ve representado en los valores del Gráfico 1.

Es necesaria la evaporación del solvente ya que al no evaporarse la infiltración del monómero del adhesivo sería menor. A demás si altos niveles de solvente

queda atrapado en la capa adhesiva, la polimerización puede ser inhibida, se pueden comprometer las propiedades mecánicas de la capa de adhesivo y se puede reducir la fuerza de unión a la dentina.

En los grupos que se utilizó una capa de adhesivo disminuyó la conductancia hidráulica debido a la infiltración de adhesivo, permitiendo sellar los túbulos dentinarios efectivamente (Pashley et al., 1993).

De acuerdo a los valores obtenidos no existen diferencias estadísticamente significativa entre los diferentes tiempos de evaporación pasiva por lo que estudios futuros combinando soplado activo con evaporación pasiva podrían ser de gran interés por la existencia de otros estudios con resultados in vitro que mejoran el grado de conversión y resistencia de adhesión (Argolo et al., 2012).

CONCLUSIONES

- ❖ Existen diferencias estadísticamente significativas en la conductancia hidráulica *in vitro* entre discos de dentina humana con aplicación de adhesivo y en discos sin aplicación de adhesivo.
- ❖ El tiempo de evaporación pasiva no influye en los valores de conductancia hidráulica *in vitro* en discos de dentina humana inmediatamente después de su fotopolimerización.

BIBLIOGRAFÍA

Abate PF, Rodriguez VI, Macchi RL (2000). Evaporation of solvent in one-bottle adhesives. *Journal of dentistry* 28(6):437-440.

Ajcharanukul O, Oranratmanee K, Thitikunakorn S (2010). Effect of different osmotic stimuli on fluid flow before and after self-etching adhesive application. *The journal of adhesive dentistry* 12(2):103-108.

Argolo S, Oliveira DC, Fontes CM, Lima AF, de Freitas AP, Cavalcanti AN (2012). Effect of increased dwell times for solvent evaporation on the bond strength and degree of conversion of an ethanol-based adhesive system. *Acta odontológica latinoamericana: AOL* 25(1):109-114.

Borges BC, Souza-Junior EJ, Brandt WC, Loguercio AD, Montes MA, Puppin-Rontani RM *et al.* (2012a). Degree of conversion of simplified contemporary adhesive systems as influenced by extended air-activated or passive solvent volatilization modes. *Operative dentistry* 37(3): 246-252.

Cardoso MV, de Almeida Neves A, Mine A, Coutinho E, Van Landuyt K, De Munck J *et al.* (2011). Current aspects on bonding effectiveness and stability in adhesive dentistry. *Australian dental journal* 56 Suppl 1(31-44).

Carvalho AO, Oliveira MT, Nikaido T, Tagami J, Giannini M (2012). Effect of adhesive system and application strategy on reduction of dentin permeability. *Brazilian oral research* 26(5):397-403.

Ciucchi B, Bouillaguet S, Holz J, Pashley D (1995). Dentinal fluid dynamics in human teeth, in vivo. *Journal of endodontics* 21(4):191-194.

- Collins TJ (2007). ImageJ for microscopy. *BioTechniques* 43(1 Suppl):25-30.
- Conejo Fernández B. D-NBMO, de la Macorra García J.C. (1995). Medida de la conductancia hidráulica en terceros molares humanos. Un estudio in-vitro. *Archivo de Odontología Estomatológica* 11(2):76-81.
- Chersoni S, Suppa P, Grandini S, Goracci C, Monticelli F, Yiu C *et al.* (2004). In vivo and in vitro permeability of one-step self-etch adhesives. *Journal of dental research* 83(6):459-464.
- Daneshmehr L, Ozer F, Mante FK, Blatz MB (2013). Relationship between air-blowing duration and bond strengths of three adhesive systems to dentin after thermal aging. *Dental materials journal* 32(5):767-774.
- De La Macorra JC, Escribano NI (2002). Comparison of two methods to measure permeability of dentin. *Journal of biomedical materials research* 63(5):531-534.
- De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M *et al.* (2005). A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *Journal of dental research* 84(2):118-132.
- Eick JD, Gwinnett AJ, Pashley DH, Robinson SJ (1997). Current concepts on adhesion to dentin. *Critical reviews in oral biology and medicine : an official publication of the American Association of Oral Biologists* 8(3):306-335.
- Ferraris Gd (2009). Histología, Embriología e Ingeniería Tisular Bucodental. In: EM Panamericana editor. Buenos Aires, Argentina.
- Fu B, Shen Y, Wang H, Hannig M (2007). Sealing ability of dentin adhesives/desensitizer. *Operative dentistry* 32(5):496-503.

Giannini M, Arrais CA, Vermelho PM, Reis RS, dos Santos LP, Leite ER (2008a). Effects of the solvent evaporation technique on the degree of conversion of one-bottle adhesive systems. *Operative dentistry* 33(2):149-154.

Gil Loscos FJ AIF, Pascual Moscardó A, Fygeroa García A (2006). Are dentin bonding systems a valid option for the treatment of Cervical Dentin Sensitivity (C.D.S.)? *RCOE* 11(3):281-290.

Gregoire G, Joniot S, Guignes P, Millas A (2003). Dentin permeability: self-etching and one-bottle dentin bonding systems. *The Journal of prosthetic dentistry* 90(1):42-49.

Gregoire G, Guignes P, Millas A (2005). Effect of self-etching adhesives on dentin permeability in a fluid flow model. *The Journal of prosthetic dentistry* 93(1):56-63.

Hevia J FC, Martín J, Moncada G, Letelier C, Oliveira Junior OB, Fernandez E. (2013). Hydraulic conductance model of ex vivo human dentin. *Revista Clinica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral* 6((3)):114-117.

Ikeda T, De Munck J, Shirai K, Hikita K, Inoue S, Sano H *et al.* (2005). Effect of evaporation of primer components on ultimate tensile strengths of primer-adhesive mixture. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials* 21(11):1051-1058.

Ito S, Hoshino T, Iijima M, Tsukamoto N, Pashley DH, Saito T (2010). Water sorption/solubility of self-etching dentin bonding agents. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials* 26(7):617-626.

Itthagarun A, Tay FR, Pashley DH, Wefel JS, Garcia-Godoy F, Wei SH (2004). Single-step, self-etch adhesives behave as permeable membranes after polymerization. Part III. Evidence from fluid conductance and artificial caries inhibition. *American journal of dentistry* 17(6):394-400.

Krithikadatta J (2010). Clinical effectiveness of contemporary dentin bonding agents. *Journal of conservative dentistry : JCD* 13(4):173-183.

Manuja N, Nagpal R, Pandit IK (2012). Dental adhesion: mechanism, techniques and durability. *The Journal of clinical pediatric dentistry* 36(3):223-234.

Miyazaki M, Platt JA, Onose H, Moore BK (1996). Influence of dentin primer application methods on dentin bond strength. *Operative dentistry* 21(4):167-172.

Miyazaki M, Onose H, Iida N, Kazama H (2003). Determination of residual double bonds in resin-dentin interface by Raman spectroscopy. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials* 19(3):245-251.

Mjor IA (2009). Dentin permeability: the basis for understanding pulp reactions and adhesive technology. *Brazilian dental journal* 20(1): 3-16.

Munoz MA, Luque I, Hass V, Reis A, Loguercio AD, Bombarda NH (2013). Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. *Journal of dentistry* 41(5):404-411.

Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E (1982). The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *Journal of biomedical materials research* 16(3):265-273.

Nihi FM, Fabre HS, Garcia G, Fernandes KB, Ferreira FB, Wang L (2009). In vitro assessment of solvent evaporation from commercial adhesive systems compared to experimental systems. *Brazilian dental journal* 20(5):396-402.

Pashley DH, Michelich V, Kehl T (1981). Dentin permeability: effects of smear layer removal. *The Journal of prosthetic dentistry* 46(5):531-537.

Pashley DH, Thompson SM, Stewart FP (1983). Dentin permeability: effects of temperature on hydraulic conductance. *Journal of dental research* 62(9):956-959.

Pashley DH (1986). Dentin permeability, dentin sensitivity, and treatment through tubule occlusion. *Journal of endodontics* 12(10):465-474.

Pashley DH (1991). Clinical correlations of dentin structure and function. *The Journal of prosthetic dentistry* 66(6):777-781.

Pashley DH, Pashley EL (1991). Dentin permeability and restorative dentistry: a status report for the American Journal of Dentistry. *American journal of dentistry* 4(1):5-9.

Pashley DH, Ciucchi B, Sano H, Horner JA (1993). Permeability of dentin to adhesive agents. *Quintessence Int* 24(9):618-631.

Pashley DH, Carvalho RM (1997). Dentine permeability and dentine adhesion. *Journal of dentistry* 25(5):355-372.

Pashley DH, Pashley EL, Carvalho RM, Tay FR (2002). The effects of dentin permeability on restorative dentistry. *Dental clinics of North America* 46(2):211-245, v-vi.

Peutzfeldt A, Asmussen E (2002). Adhesive systems: effect on bond strength of incorrect use. *The journal of adhesive dentistry* 4(3):233-242.

Prati C (1994). What is the clinical relevance of in vitro dentine permeability tests? *Journal of dentistry* 22(2):83-88.

Profile SUATP (2013).
http://multimedia3mcom/mws/mediawebserver?mwsId=SSSSSuH8gc7nZxtUo8_Zo8_UevUqe17zHvTSevTSeSSSSSS-- (consultado 07/02/2014):1-38.

Reeder OW, Jr., Walton RE, Livingston MJ, Pashley DH (1978). Dentin permeability: determinants of hydraulic conductance. *Journal of dental research* 57(2):187-193.

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.

Reis AF, Oliveira MT, Giannini M, De Goes MF, Rueggeberg FA (2003). The effect of organic solvents on one-bottle adhesives' bond strength to enamel and dentin. *Operative dentistry* 28(6):700-706.

Sahin C, Cehreli ZC, Yenigul M, Dayangac B (2012). In vitro permeability of etch-and-rinse and self-etch adhesives used for immediate dentin sealing. *Dental materials journal* 31(3):401-408.

Sauro S, Pashley DH, Montanari M, Chersoni S, Carvalho RM, Toledano M *et al.* (2007). Effect of simulated pulpal pressure on dentin permeability and adhesion of self-etch adhesives. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials* 23(6):705-713.

Schellenberg U, Krey G, Bosshardt D, Nair PN (1992). Numerical density of dentinal tubules at the pulpal wall of human permanent premolars and third molars. *Journal of endodontics* 18(3):104-109.

Tagami J, Tao L, Pashley DH, Hosoda H, Sano H (1991). Effects of high-speed cutting on dentin permeability and bonding. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials* 7(4):234-239.

Vaidyanathan TK, Vaidyanathan J (2009). Recent advances in the theory and mechanism of adhesive resin bonding to dentin: a critical review. *Journal of biomedical materials research Part B, Applied biomaterials* 88(2):558-578.

Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A *et al.* (2007). Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials* 28(26):3757-3785.

ANEXOS Y APÉNDICES

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 – Sergio Livingstone (Ex 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 ortodoncica 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 ortodóntica 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
------------------------	----	-------