



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

FO**d** Facultad de
Odontología

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Programa Macro de Investigación

SEMINARIO DE GRADUACIÓN

**Análisis de la capa híbrida de adhesivos universales
(química, fuerza de adhesión y morfología)**

Investigador (a) Principal

Dr. David Lafuente

Sustentantes del Seminario de Graduación

- Carolina Mazón Cerdas B24023
- Guisselle Ugarte Zúñiga A96293
- Sofía Cristina Uribe Garro B26819

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio Brenes, Costa Rica

San José, Costa Rica

Año 2017

HOJA DE APROBACIÓN MEMORIA

SEMINARIO DE GRADUACIÓN

Nombre del proyecto (igual al título de la portada):

Análisis de la capa híbrida de adhesivos universales (química, fuerza de adhesión y morfología)

Sustentantes

Fecha

Nombre:

Carné

Firma

Carolina Mazón Cerdas

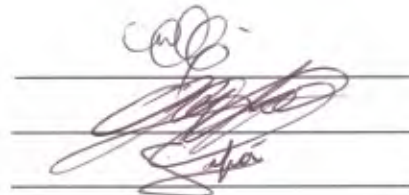
B24023

Guisselle Ugarte Zúñiga

A96293

Sofía Cristina Uribe Garro

B26819

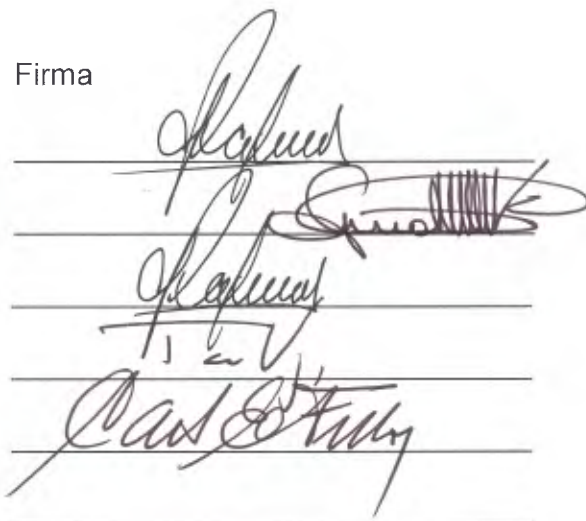


Miembros del Tribunal

Nombre

Firma

David Lapuente
Ginger Murrellot
David Lapuente
Iatiana Vega
Carlos E. Filloj



**HOJA DE AUTORIZACIÓN PARA DIGITALIZACIÓN,
INCLUSIÓN Y PUBLICACIÓN DE TRABAJOS FINALES DE
GRADUACIÓN PARA EL SIBDI**

DEDICATORIA

El siguiente trabajo se lo queremos dedicar a todas las personas que directa o indirectamente tuvieron parte en su realización. A nuestros profesores por formarnos académicamente con mucha paciencia y dedicación, a nuestros familiares y amigos por apoyarnos en cada paso del camino y sostenernos cuando ya no dábamos a lo largo de toda la carrera, y a Dios sobre todas las cosas por darnos la oportunidad de ser tan privilegiadas y poder estudiar lo que queremos en la universidad que elegimos.

A todos ustedes gracias infinitas y de corazón, porque sin su ayuda no habríamos llegado hasta aquí.

RECONOCIMIENTOS

El principal y más importante reconocimiento se lo debemos dar a nuestro instructor a cargo, el Dr. David Lafuente, investigador principal y profesor de la Facultad de Odontología de la Universidad de Costa Rica, quien nos guió en cada paso que debíamos dar para que la investigación fuera avanzando en la dirección correcta y así llegar a los resultados tan satisfactorios que obtuvimos. Él nunca se cansó de que le hiciéramos consultas por más repetitivas y elementales que fueran, con tal de ayudarnos en lo que necesitáramos.

HOJA DE REVISIÓN POR EL (LA) FILÓLOGO(A)

revisiones
cr.com

CARTA DE REVISIÓN FILOLÓGICA

San José, 16 de noviembre de 2017


Señores
Universidad de Costa Rica

Estimados señores:

Por medio de la presente hago constar que mi persona, Henry Rivera Morales, profesional en enseñanza del español y filología, colegiado bajo el número 036633, he revisado el documento para Seminario de Graduación de las estudiantes **Carolina Mazón Cerdas B24023, Guisselle Ugarte Zúñiga A96293 y Sofia Cristina Uribe Garro B26819**, denominado **Análisis de la capa híbrida de adhesivos universales (química, fuerza de adhesión y morfología)**, presentado como parte de los requisitos de graduación de la Facultad de Odontología.

He revisado la gramática, puntuación, ortografía y estructuras idiomáticas del documento escrito, y he verificado que los mismos fueran corregidos por el autor.

Agradeciendo su atención,


Lic. Henry Rivera Morales
N° 036633
Colegio de Licenciados y Profesores

EXPERTOS DEL IDIOMA A SU ALCANCE

ÍNDICE GENERAL

HOJA DE APROBACIÓN MEMORIA SEMINARIO DE GRADUACIÓN	I
HOJA DE AUTORIZACIÓN PARA DIGITALIZACIÓN.....	II
DEDICATORIA	III
RECONOCIMIENTOS	IV
HOJA DE REVISIÓN POR EL (LA) FILÓLOGO(A)	V
INDICE GENERAL.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
INDICE DE TABLAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ANTECEDENTES,MÉTODOS.....	IX
RESULTADOS.YCONCLUSIONES.....	X
CAPÍTULO I (INTRODUCCIÓN).....	1
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO.....	1
1.3. OBJETIVOS DE ESTUDIO.....	3
1.31. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2 OBJETIVO ESPECIFICO.....	3
1.4. METODOLOGÍA.....	4
CAPÍTULO II.....	10
MARCO TEÓRICO	10
2.1 ANTECEDENTES.....	10
2.2 ESTRUCTURA DENTAL.....	10
2.3 ADHESIÓN A DENTINA, DIFICULTADES Y AVANCES EN LA TÉCNICA.....	12
2.4 GENERALIDADES DE LA CAPA HÍBRIDA.....	13

2.5. CLORHEXIDINA COMO COADYUVANTE EN LA PRESERVACIÓN DE LA CAPA HÍBRIDA.....	15
2.6. NUEVAS TENDENCIAS: ADHESIVOS UNIVERSALES.....	17
2.7. COMPOSICIÓN QUÍMICA.....	18
2.8. ACERCA DEL 10-MDP.....	19
2.9. DENTINA: ¿GRABAR O NO GRABAR?.....	20
2.10. INFLUENCIA DEL PH.....	21
2.11. EL PROTOCOLO IDEAL.....	22
2.12. EL FUTURO DE LOS ADHESIVOS UNIVERSALES.....	24
CAPÍTULO III.....	25
RESULTADOS	25
DISCUSIÓN.....	27
CONCLUSIONES.....	30
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL SEMINARIO	31
FACTORES FACILITADORES / OBSTÁCULOS Y DIFICULTADES	33
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	34

INDICE DE LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURA NUMERO 1	4
FIGURA NUMERO 2	5
FIGURA NUMERO 3	5
FIGURA NUMERO 4.....	6
FIGURA NUMERO 5	6
FIGURA NUMERO 6.....	7
FIGURA NUMERO 7	7
FIGURA NUMERO 8.....	8
FIGURA NUMERO 9	8
FIGURA NUMERO 10.....	9
TABLA NUMERO 1	25
TABLA NUMERO 2.....	26

RESUMEN

ANTECEDENTES

Al hablar de adhesión debemos tomar en cuenta muchos aspectos que influyen para que la unión resina-diente ocurra adecuadamente. Es por eso que factores como el grabado ácido, el uso de coadyuvantes, y finalmente el uso de adhesivos forman parte importante en este proceso el cual es sumamente complejo y que incorpora muchas variables. Llega una nueva generación de adhesivos universales, los cuales se pueden utilizar en modo de autograbado o de grabado total, y parece que muestran mucho potencial de ser el futuro en adhesión

El objetivo de esta investigación es estudiar la fuerza de adhesión de los adhesivos universales a dentina.

MÉTODOS

Se recolectaron piezas dentales humanas extraídas, las cuales se dividieron en cuatro grupos distintos correspondientes a cuatro adhesivos universales: Clearfill SE Bond, Clearfill Universal Bond, Single Bond Universal y Tetric-N Bond. A cada pieza dental se le realizaron cortes para obtener una superficie plana de esmalte y dentina, en donde se aplicaba el sistema adhesivo correspondiente y resina compuesta. Seguidamente se cortaban hasta obtener prismas, los cuales fueron sometidos a fuerzas de tensión a una velocidad de 1 mm/min hasta que se produjera un fallo a una determinada fuerza.

RESULTADOS

El sistema Single Bond Universal presenta el mayor promedio de fuerzas en megapascales, seguido por el Clearfill Universal Bond, el Clearfill SE Bond y por último el Tetric-N Bond Universal. Al analizar la varianza de los resultados, se puede mencionar que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los sistemas adhesivos ($p=0.8$).

CONCLUSIONES

1. Los cuatro sistemas adhesivos presentaron en promedio altas fuerzas de adhesión,
2. No existe una diferencia estadísticamente significativa entre los sistemas adhesivos.
3. Tomando en cuenta la similitud entre los resultados de este análisis, no se puede decir que uno de los sistemas adhesivos sea mejor que otro.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 JUSTIFICACIÓN

La capa híbrida se forma al eliminar por medio del grabado ácido la porción inorgánica de la dentina, al mismo tiempo se da la eliminación del barro dentinario.

Los adhesivos universales graban la dentina a través del barro dentinario y lo modifican e incorporan dentro de sí al fotocurarse.

Se estudiará su formación y composición así como su fuerza de adhesión a dentina.

Esta investigación corroborará cuál es el tipo de metodología más efectiva en adhesión de cuatro tipos distintos de adhesivos universales en piezas dentales extraídas. Aportará un estudio basado en varianza, y desviación estándar, las cuales nos darán el panorama para entablar comparaciones.

1.2 PLANTEAMIENTO:

Se realizará mediante un proceso experimental en laboratorio la colocación de diversos adhesivos universales sobre piezas dentales sanas, las cuales serán sometidas a procesos para lograr analizar cortes transversales y sagitales de la dentina. Este análisis se realizará en un tiempo aproximado de 2 meses. Se

medirá la resistencia adhesiva de 4 sistemas adhesivos en dentina, utilizando un mismo protocolo de aplicación, mediante un ensayo de microtensión.

El propósito del procedimiento mencionado es comparar los resultados obtenidos entre los adhesivos utilizando previo grabado ácido de la dentina. Posteriormente se evaluará a través de microscopia electrónica los patrones de penetración adhesiva producida por los 4 sistemas adhesivos, para establecer sus comparaciones mediante: Desviaciones estándar, Análisis de Varianza y p-value.

Se iniciará por descubrir físicamente la dentina para lograr aumentar la penetración del adhesivo por los túbulos sometidos a la colocación de ácido fosfórico¹.

Lograr analizar las características de los materiales adhesivos, y la comprensión del mecanismo de adhesión, es un factor fundamental para alcanzar el éxito clínico. De acuerdo con la disposición de los prismas y el tipo ácido utilizado y su tiempo de acción, se generan diferentes "Tipos o Patrones de Acondicionamiento Adamantino", esto se analizará más rigurosamente en el marco metodológico².

1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.3.1 GENERAL

- Analizar la adhesión en dentina y la estructura de la capa híbrida que forman los adhesivos universales en piezas dentales extraídas.

1.3.2 ESPECÍFICOS

- Estudiar los componentes morfológicos que se ven involucrados en la adhesión a dentina.
- Determinar mediante pruebas de laboratorio cuál es el método que asegura una mejor formación de la capa híbrida y mejor adhesión en dentina.
- Definir cuál de los adhesivos universales en estudio cuenta con mejores propiedades.

1.4 METODOLOGÍA

En cuanto a la técnica de muestreo, se empezó con la recolección de piezas dentales humanas extraídas, las cuales debían estar sanas. Se desinfectaron las piezas con hipoclorito de sodio al 5% por un minuto, se lavaron con agua, se colocaron en frascos con agua y se almacenaron dentro de una incubadora que los mantenía a 34°C hasta su próximo uso.

Se recolectaron veinte piezas dentales, las cuales se dividieron en 4 grupos distintos correspondientes a cuatro adhesivos universales: Clearfill SE Bond, Clearfill Universal Bond, Single Bond Universal y Tetric-N Bond. A cada pieza dental se le realizó un corte transversal para obtener una superficie plana de esmalte y dentina.

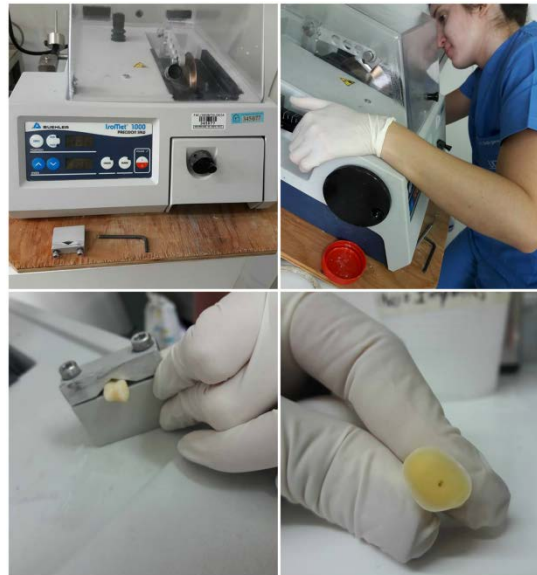


Figura 1. Cortes transversales de las piezas dentales

Se realiza el lijado de las piezas dentales con lija de 500 para agua, con el fin de alisar completamente cualquier imperfección en el esmalte.

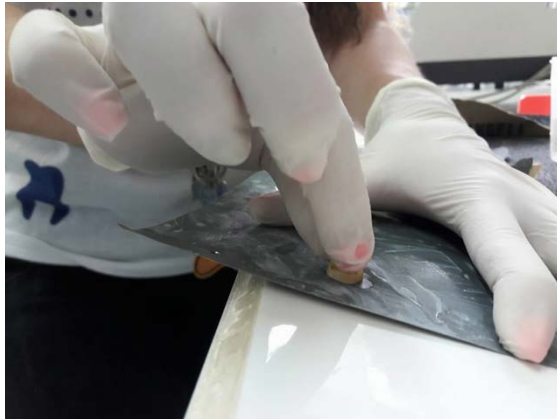


Figura 2. Lijado de las piezas dentales

Se procede a lavar con abundante agua las piezas y se colocan en agua para evitar desecación de la dentina.



Figura 3. Dientes con cortes iniciales almacenados en agua

Se limpiaron las superficies con una torunda de algodón humedecida con agua. Se soplaron con aire sin desecar para poder iniciar a colocar los adhesivos universales de cada caso.

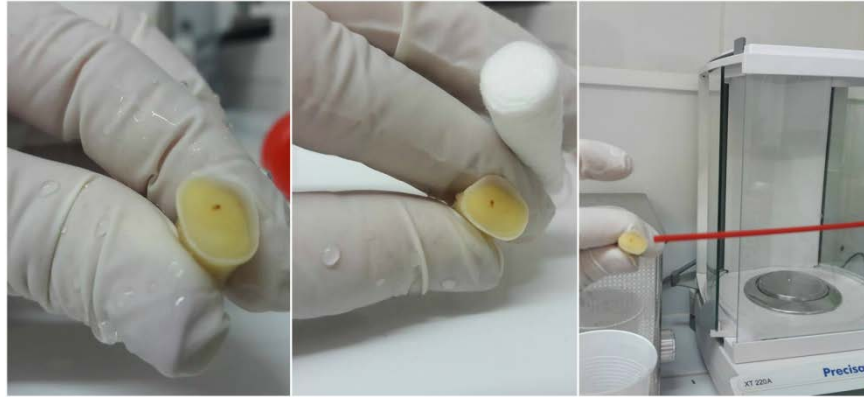


Figura 4. Lavado y secado de las piezas dentales.

Se coloca el ácido por 15 segundos, se lava con abundante agua, se seca sin desecar. Posteriormente se coloca clorhexidina y se sopla. Se frotó el adhesivo universal correspondiente a cada grupo por 20 segundos, se esperó 10 segundos, se sopló con aire.

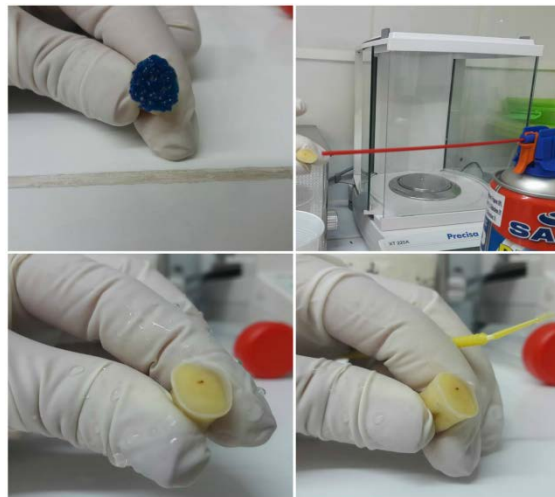


Figura 5. Colocación de ácido fosfórico, lavado, secado y aplicación de los adhesivos universales.

Se fotocuró cada pieza por 20 segundos, se aplicó resina Brilliant NG (Universal Duo-Shade Nano Composite) de la casa Coltene, fotocurando cada incremento por 20 segundos. Los incrementos fueron en 4 capas, de las cuales la

primera medía un aproximado de 0.5 mm, la segunda de aproximadamente 1 mm, la tercera y cuarta capa de 2mm cada una.



Figura 6. Fotocurado de los adhesivos universales.



Figura 7. Incrementos de resina en mm.

Se procedió a realizar los cortes de las piezas dentales primero en sentido coronal y luego en sentido sagital, cada corte separado entre sí en 1.4mm de distancia.



Figura 8. Cortes coronales y sagitales.

Luego se volvió a realizar un corte transversal para la obtención de los prismas.



Figura 9. Cortes transversales para la obtención de prismas.

Estos prismas se colocaron en aditamentos, asegurando cada extremo del prisma con cianoacrilato para su asentamiento pasivo. Por último se realizaron las pruebas experimentales en el equipo Tinius Olsen, en donde cada una de las muestras fue sometida a tensión, a una velocidad de 1 mm/min, hasta llegarse a producir un fallo a una determinada fuerza.



Figura 10. Muestras dentinales sometidas a tensión en equipo Tinius Olsen.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

La adhesión es el proceso de crear una unión que consiste de dos sustratos que se enlazan entre ellos. En odontología, estos dos sustratos van a consistir del diente (ya sea en esmalte, dentina o muy rara vez cemento) y el agente adhesivo que se vaya a utilizar. Estos adhesivos suelen ser soluciones que contienen monómeros de resina que unen un material restaurador con un sustrato dental después de que los monómeros polimericen³.

En el pasado se han utilizado primordialmente 2 estrategias de adhesión: usando agentes de autograbado o utilizando el grabado con ácido fosfórico por aparte, el cual luego de su aplicación debe ser lavado⁴. Esta diferencia en la manera de acondicionar los tejidos dentales previamente a la aplicación de adhesivos proviene de las variantes estructurales que tienen entre ellos, que provocan entonces un comportamiento distinto entre los dos sustratos.

2.2. ESTRUCTURA DENTAL

El esmalte está compuesto casi completamente por cristales de hidroxiapatita, los cuales tienen una microestructura ordenada que permite que el grabado ácido, al desmineralizar esta estructura, cree microporos que mejoran la retención mecánica cuando la resina los penetra⁵. Mientras tanto la dentina cuenta con un contenido orgánico importante, el cual varía dependiendo de la

profundidad, y no cuenta con una estructura ordenada. Su composición consiste principalmente de colágeno tipo I, dispuesto en microtúbulos, los cuales están llenos de líquido y atraviesan desde la pulpa hasta la unión amelodentinaria pasando por la dentina⁵. Por lo tanto tiene una naturaleza húmeda y orgánica, lo que hace que la adhesión a este tejido duro sea extremadamente difícil³.

La presencia de residuos de corte en las superficies dentales en forma de barro dentinario es también un importante cofactor que no debe ser subestimado⁵. Este barro va a tener una consistencia gelatinosa que va a reducir la permeabilidad de la dentina y además va a tener la capacidad de obstruir los túbulos dentinarios, por lo tanto se debe disolver o volver permeable para que así los monómeros de los adhesivos puedan contactar la superficie dentinaria directamente^{3,5}.

Debido a esto se han incorporado varios tratamientos previos en la dentina para maximizar la fuerza de unión con el adhesivo, tales como grabado ácido y abrasión con aire⁶. El grabado ácido de la dentina ayuda a remover el barro dentinario y desmineraliza la sub superficie, esto conlleva a un procedimiento clínico predecible pero con factores que pueden influir en las características de los adhesivos⁶.

Al desmineralizar la dentina quedan expuestas las fibras de colágeno, las cuales posteriormente deberían quedar totalmente embebidas en adhesivo para formar la capa híbrida⁷. En este proceso existe un riesgo de que las fibras de colágeno colapsen durante la desmineralización, lo cual en realidad terminaría

llevando a una disminución de la fuerza adhesiva⁸. Por tanto, podemos decir que el éxito de la adhesión va a depender tanto del grabado ácido como de la correcta formación de esta capa híbrida.

En resumen, los sistemas adhesivos y su efectividad están directamente relacionados al buen manejo del grabado ácido. El esmalte grabado junto con los adhesivos logra una muy buena interacción debido a su estructura ordenada, de ello resulta una fuerte adhesión adhesivo-esmalte con excelentes resultados clínicos. La adhesión a dentina es más complicada por la presencia de barro dentinario, ahora se sabe que este se debe remover o modificar y además desmineralizar la dentina, en aras de mejorar la adhesión⁹.

2.3. ADHESIÓN A DENTINA, DIFICULTADES Y AVANCES EN LA TÉCNICA

¿A qué se debe que se considere la adhesión a dentina inestable? Estudios revelan que la composición heterogénea de este tejido dental no permite una unión adhesiva ideal y más bien puede verse afectada la degradación hidrolítica de los monómeros hidrofílicos presentes en los sistemas adhesivos. Lo que sucede es que las metaloproteinasas degradan las fibras colágenas expuestas, esto ocasiona deterioro de las restauraciones adhesivas, lo cual aumenta la microfiltración bacteriana, caries recidiva y alteraciones pulpares irreversibles¹⁰.

En estudios de Nakabayashi, se determinó un sistema de adhesión a dentina llamado: "Grabado Total", el cual se basa en un grabado de la dentina con ácido fosfórico al 35%, y se elimina el contenido de material inorgánico de hidroxiapatita para disolver el material orgánico calculando aproximadamente una

profundidad de desmineralización de 8 micrones. Con esto se obtuvieron fibras de colágeno libres, que en conjunto con el adhesivo formarían lo que conocemos como capa híbrida. Esta es la principal responsable de la retención por adhesión¹¹.

2.4. GENERALIDADES DE LA CAPA HÍBRIDA

Se le llama capa híbrida a la zona intermedia entre la dentina y la restauración que se coloca (es un espacio en íntimo contacto entre las fibras colágenas y el adhesivo empleado), esta capa tiene un espesor de 3 a 6 um. Estudios manifiestan que la efectividad de esta capa se basa en diversos factores, entre ellos: humedad y profundidad del sustrato dentinal, penetración del adhesivo a través de los túbulos y el entrecruzamiento de los mismos con las fibras colágenas expuestas en la dentina intertubular desmineralizada y los componentes del adhesivo¹⁰.

Esta capa híbrida es diferente en la dentina superficial y en la dentina profunda. La primera se compone principalmente de dentina intertubular desmineralizada, con poca penetración de resina debido a la dificultad en forma de embudo de los túbulos dentinarios para la penetración del material. En cambio, en la capa más profunda, hay menor cantidad de dentina intertubular desmineralizada, pero los túbulos son más grandes y numerosos, por esto las prolongaciones de resina se introducen de manera más eficiente y presentan una fracción de unión más cercana a la pulpa dental. Por esto, diversos autores aseguran que se forma una unión química entre las fibras colágenas y las

prolongaciones de resina, y se forma una retención que genera el 30% de las fuerzas de unión del adhesivo¹⁰.

La correcta formación y funcionamiento de esta capa híbrida va a depender mayoritariamente de dos factores:

1. Impregnación adecuada de las fibras de colágeno.
2. Adecuado grosor de la capa de adhesivo que permita amortiguar en cierto modo las fuerzas que sobre él se van a ejercer¹².

Básicamente existen dos mecanismos de unión entre dentina y adhesivo: la unión química que tiene mucha menor importancia cuantitativa, y la unión física o micro mecánica que parece ser la más importante para mantener la adhesión. La unión micro mecánica se basa en dos estructuras muy importantes, la "capa híbrida" y las prolongaciones intratubulares, que son dos estructuras cuya formación debemos favorecer con nuestra técnica adhesiva¹².

La capa híbrida es un fundamento indispensable para una buena penetración dentinaria de los adhesivos. Esta capa sola no es un sustrato ideal para adherirse, ya que posee una fuerza coherente de solo 5 Mpa¹³. Para alcanzar una alta fuerza de unión, la resina debe unirse a la dentina. Esto puede ser realizado modificando o removiendo la capa de desechos. El concepto de adhesión dentinaria está basado en la creación de una capa híbrida en la interfase dentina-resina. La misma es una zona de inter difusión de resina, fibras colágenas y dentina parcialmente desmineralizada¹³.

En resumen, la capa híbrida es el resultado de la difusión e impregnación de monómeros en la sub superficie de los substratos de dentina pre tratada. El desarrollo de sistemas adhesivos que infiltran a la superficie de dentina desmineralizada por monómero de resinas y que se combinan con la colágena para formar una capa que es una mezcla de diente y resina es un paradigma en odontología restauradora que podría sellar la interfaz dentina-material restaurador, y prevenir así la presencia de hipersensibilidad y caries recurrente⁹.

2.5. CLORHEXIDINA COMO COADYUVANTE EN LA PRESERVACIÓN DE LA CAPA HÍBRIDA

Como se mencionó previamente, las metaloproteinasas liberadas desde la dentina van a provocar una degradación de las fibras colágenas expuestas en la capa híbrida, lo cual hace que la interfaz se deteriore y finalmente fracase. Estas metaloproteinasas (MMPs) son proteinasas que participan en la degradación de la matriz extracelular, las cuales pueden ser activadas entre otros debido a un bajo pH o tratamiento con calor. Los odontoblastos sintetizan MMPs que participan en el desarrollo de diente, en la progresión dentina-caries y en la degradación de la capa híbrida en restauraciones adhesivas dentina-resina. Bajo condiciones fisiológicas, la actividad de MMPs es regulada a nivel de transcripción de precursores zimógenos vía interacciones con componentes de matriz extracelular e inhibición por inhibidores endógenos (inhibidor tisular de metaloproteinasas)¹⁴.

A pesar de que existe controversia con respecto a si el ácido fosfórico es el que ocasiona la activación de las MMPs, hoy en día se usa el gluconato de

clorhexidina como agente terapéutico para prevenir esta degradación que provocan, sin embargo, el mecanismo de cómo la clorhexidina inhibe a las MMPs necesita más explicación¹⁴.

Para aplicar se debe hacer el grabado ácido y su lavado posterior, aplicar la clorhexidina y sin realizar otro lavado proceder a colocar el agente adhesivo. Al ser aplicada de esta manera, las fibras de colágeno “desnudas” quedan expuestas a la clorhexidina, la cual es luego sellada en las fibrillas por el adhesivo de resina¹⁵.

Con respecto a los resultados en la literatura, se reporta que la fuerza de micro tensión de la unión con la dentina no se ve afectada al usar clorhexidina, los pacientes (al hacer estudios *in vivo*) no presentaron sensibilidad post-operatoria y además las restauraciones fueron funcionales durante el tiempo de las investigaciones realizadas¹⁶. De ese mismo estudio se concluyó que en dientes permanentes sin caries, la degradación de la capa híbrida de la dentina debajo de resinas Clase I *in vivo* no es extensa en 6 meses, sin embargo, parece que esta degradación se ve desacelerada al usar la clorhexidina como tratamiento posterior al grabado ácido¹⁶.

Otros estudios tanto *in vivo* como *in vitro* reportaron que las fuerzas de adhesión que tenía la unión dentina-resina eran más fuertes al usar clorhexidina previo al uso del adhesivo, después de 6 meses. Además de esto se mostró un menor fracaso en la capa híbrida con clorhexidina que aquellas de los grupos de control a los cuales no se les aplicó^{15, 17}.

Se debe recalcar que el efecto antimicrobiano de la clorhexidina, al ser usada como un desinfectante, es muy probable que esté comprometido si la superficie es seguidamente acondicionada¹⁵.

2.6 NUEVAS TENDENCIAS: ADHESIVOS UNIVERSALES

Anteriormente se mencionó que para tratar los tejidos dentales previos al uso de adhesivo, se han implementado dos técnicas fundamentales, en donde una lleva el grabado ácido incluido dentro del adhesivo y la otra lo usa por aparte. A continuación se explicarán más detalladamente.

La adhesión a dentina consiste básicamente de 3 pasos: grabado ácido, acondicionamiento y la aplicación del adhesivo. Por muchos años se ha considerado como “gold-estándar” a los sistemas de 3 pasos, pero conforme ha pasado el tiempo, se han inventado una serie de adhesivos que reducen la cantidad de pasos y por ende la cantidad de tiempo⁶.

Recientemente se ha popularizado la práctica de usar un grabado selectivo del esmalte, en donde el clínico puede decidir qué estrategia adhesiva utilizar dependiendo de la situación que se le presente, gracias a la creación de un nuevo tipo de sistema adhesivo. Estos adhesivos que vinieron a aparecer en el ámbito odontológico son los llamados “adhesivos universales” o “adhesivos multi-modales”⁴. Se consideran universales por dos motivos: primero, se pueden usar para una amplia variedad de sustratos, ya sean dentales o de materiales restauradores, y segundo, pueden ser utilizados con grabado ácido previo o como agentes de autograbado¹⁸.

El mecanismo de unión de los sistemas adhesivos básicamente consiste en el remplazo de minerales que se remueven del tejido duro dental por acción de los monómeros de resina, de tal manera que al polimerizarse se entrelazan micro-mecánicamente, y quedan trabados en el tejido dental⁸.

2.7. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Los nuevos adhesivos universales están compuestos muy similarmente a los tradicionales adhesivos de autograbado de un solo paso, con la diferencia de que ahora la mayoría contiene monómeros específicos que se enlazan iónicamente al calcio de la hidroxiapatita⁴.

Al incorporar tales monómeros se encuentra que entonces no hay solo una retención micro mecánica entre el diente y el adhesivo (la cual sigue siendo la más importante), sino también una unión química que podría resultar importante en la prevención de micro-filtraciones, y por lo tanto prolongar la longevidad de las restauraciones adhesivas en boca¹⁹.

Estos monómeros se pueden dividir en los que crean un enlace cruzado y en los monómeros funcionales, en donde los segundos están caracterizados tener un grupo que es polimerizable y otro grupo funcional que sirve para diferentes propósitos (tales como mojar y desmineralizar el sustrato). Estos mismos grupos funcionales son los que terminan teniendo la capacidad de tener una interacción con el calcio en la hidroxiapatita y así crear el enlace químico¹⁹.

2.8. ACERCA DEL 10-MDP

Algunas casas comerciales han incorporado el 10-metacriloxioilodecildihidrogeno fosfato (10-MDP) en sus adhesivos para lograr una unión química a la apatita²⁰. El 10-MDP es un monómero funcional anfifílico que tiene un grupo metacrilato hidrófobo en un extremo y un grupo fosfato hidrofílico del otro. El extremo hidrófobo es capaz de unirse químicamente a los cementos y materiales restaurativos que tienen como base el metacrilato, y el extremo hidrofílico es polar y se puede unir a las estructuras dentales, metales y zirconio²¹. Además, por tener un esqueleto que cuenta con una cadena larga de carbonos, se caracteriza por ser altamente hidrofóbico, es así el monómero funcional más hidrófobo de todos los que usualmente se usan en materiales dentales²¹.

El 10-MDP va a unirse a los tejidos dentales por medio de enlaces iónicos que va a formar con el calcio que se encuentra en la hidroxiapatita¹⁹. Las sales de calcio-MDP estables que se forman durante esta reacción son depositadas en nano-capas de varios grosores y calidades, dependiendo del sistema adhesivo que se use²².

Estas nano-capas se cree que tienen un efecto protector contra la biodegradación en la capa híbrida y también pueden hacer más resistente a la hidroxiapatita remanente de sufrir disolución por los ácidos²³. Esto ocurre porque de acuerdo con el concepto de “Adhesión / Descalcificación” de Yoshida et al.²⁴, el MDP se une directamente con la hidroxiapatita, lo cual hace que esta funcione como escudo natural alrededor del colágeno²². Este tipo de interacción molecular y

organización espacial, sumado a la naturaleza relativamente hidrofóbica del 10-MDP ya polimerizado, ayuda a explicar por qué este monómero parece ser tan efectivo para crear interfaces que son resistentes a la biodegradación²².

Si bien algunos adhesivos que contienen MDP han resultado más efectivos que otros creando estas nano-capas en pruebas de laboratorio y clínicas, es posible que la diferencia en la concentración de MDP pueda explicar esto, sumado además a que algunos adhesivos contienen otros monómeros que podrían competir por los mismos sitios de unión con el calcio de la hidroxiapatita²².

2.9. DENTINA: ¿GRABAR O NO GRABAR?

Parte de los motivos para la invención de los adhesivos universales fue que se querían eliminar los riesgos que tenían los adhesivos anteriores, los cuales tenían una fuerza de adhesión a dentina disminuida si se grababa la dentina²⁵. Si bien se habló de la técnica de aplicación selectiva de ácido solo en el esmalte, llevar esto a la práctica realmente resulta complicado y puede ocurrir un grabado accidental de la dentina¹⁸.

Con respecto a este tema ha habido cierta controversia, ya que diferentes artículos defienden diferentes posturas. Mientras que hay unos que dicen que el grabado ácido disminuye la adhesión significativamente ya que se degrada la capa de colágeno, por lo que es más difícil que el adhesivo penetre correctamente²⁰, hay otros autores que afirman que al grabar se obtiene una mejor adhesión que al usar los adhesivos universales como agente de autograbado gracias a la formación de una capa híbrida más gruesa⁸. Pero la opinión que parece ser la más

acertada y generalizada es la de aquellos que afirman que aplicar ácido no supone una diferencia ni positiva ni negativa para la fuerza de adhesión^{6, 18, 25, 26, 27}. Por el otro lado, en cuanto a la adhesión a esmalte, los estudios respaldan la práctica del grabado ácido previo a la aplicación de adhesivos universales para mejorar la adhesión a este sustrato²⁸.

Debido a esto uno creería que la mejor alternativa es no grabar, ya que si se terminan usando los adhesivos universales con grabado ácido previo se estaría perdiendo la idea de usar monómeros funcionales para poder adherirse químicamente a la apatita, y se terminaría contando con la retención micromecánica basada en una difusión del adhesivo posterior al grabado ácido²⁷.

2.10. INFLUENCIA DEL PH

De acuerdo con su habilidad para desmineralizar la dentina, se han dividido los adhesivos de autograbado en varias categorías: fuertes ($\text{pH} \leq 1$), medianamente fuertes (pH entre 1-2), suaves ($\text{pH} \approx 2$) y ultra suaves ($\text{pH} > 2.5$)²⁹. Esta diferencia en la agresividad de los ácidos va a provocar que haya una diferencia en el grosor de la capa híbrida, en donde los adhesivos fuertes van a tener una capa más gruesa y los ultra suaves van a tener la capa más delgada de todos²⁵.

Sin embargo, la presencia de más acidez en los adhesivos de autograbado no se suele relacionar con fuerzas de unión más altas, por el contrario, los adhesivos que tienden a tener una mejor adhesión son los que presentan una acidez ultra suave²⁵. La disminuida fuerza de adhesión en los adhesivos fuertes o medianamente fuertes se atribuye a una infiltración completa de la resina en la red

de colágeno desmineralizado, y posiblemente también a que sigue habiendo una desmineralización en la capa híbrida provocada por una polimerización incompleta²⁵.

Al mezclar menos monómeros acídicos en las proporciones adecuadas con otros monómeros resinosos, las casas comerciales parecen haber resuelto el problema de los sistemas adhesivos universales para poder ser utilizados en modalidad de grabado total o de autograbado y que trabajen igualmente bien²⁷. De esta manera, al desmineralizar la dentina incompletamente con un adhesivo suave o ultra-suave, la hidroxiapatita queda parcialmente adherida al colágeno y así queda disponible para luego interactuar químicamente³⁰ y crear las nano-capas protectoras²².

2.11. EL PROTOCOLO IDEAL

A pesar de que cada casa comercial tiene protocolos específicos para los adhesivos que crean, hay ciertas reglas generales que se deberían seguir para cumplir con un “protocolo ideal” y lograr así una mejor estabilidad a largo plazo de las restauraciones adhesivas. Considerando que estos nuevos adhesivos universales están desarrollados de tal manera que pueden ser usados en cualquier modalidad adhesiva, se podría decir que en esmalte podría usarse la técnica de autograbado, sin embargo se ha demostrado que la unión esmalte-adhesivo es más predecible cuando el esmalte es grabado previamente con ácido²¹.

Posteriormente, la aplicación de clorhexidina para inhibir las MMPs en dentina y así preservar la integridad estructural de la capa híbrida es recomendada. Esta técnica ha sido ampliamente estudiada y demostrada, como fue mencionado previamente³¹.

A la hora de aplicar el adhesivo se han recomendado ciertas prácticas para mejorar los resultados clínicos del procedimiento. La primera de estas prácticas sería colocar varias capas de adhesivo (desde una hasta incluso cuatro capas), ya que al tener una capa de adhesivo más gruesa se obtiene una mejor tolerancia a la fractura y las propiedades mecánicas de la capa adhesiva son realizadas³².

La segunda sería aplicar el adhesivo frotándolo en el diente para lograr que así los monómeros de resina entren en la parte basal de la dentina, lo que produce una mejor desmineralización y facilita la difusión de los monómeros. De esta manera se consigue tener una unión dentina-resina superior³³. Por lo menos se debería frotar de 15-20 segundos para obtener los beneficios mencionados¹⁸.

Por último, se debe dar más importancia a la fuerza del aire con el que se sopla la capa adhesiva, esta debería ser fuerte¹⁸ y no debería durar menos de 15 segundos para que de esta manera se eliminen las pequeñas gotas que se forman superficialmente⁴. Es importante recordar que los sistemas adhesivos suaves o ultra-suaves son los recomendados para las técnicas de adhesión de autograbado, porque así se reduce la sensibilidad post-operatoria además de conseguir una mejor adhesión, como se había mencionado²⁸.

2.12. EL FUTURO DE LOS ADHESIVOS UNIVERSALES

Esta nueva generación de adhesivos supone un avance científico en el campo de la odontología, ya que promete una aplicación más sencilla para los sistemas adhesivos, independientemente del material dental o restaurador que sea utilizado. Algunos de estos adhesivos llamados “universales” incluso contienen componentes que les permiten enlazarse con restauraciones de cerámica o de zirconio sin usar agentes acondicionadores previos²⁷. Sin embargo hay autores que creen que estos avances en versatilidad no necesariamente suponen un avance tecnológico o una solución a los problemas que tenían los adhesivos de autograbado previos, consideran que es como presentar el mismo producto en un envase diferente²⁷.

Esto se plantea así porque a pesar de que los adhesivos de autograbado infiltran con adhesivo al mismo tiempo que desmineralizan, hay áreas ricas en agua que no logran ser eliminadas en la capa híbrida y que posteriormente se presentan como micro-filtraciones²⁷. Por tanto, es altamente probable que sigan el mismo patrón de degradación hidrolítica que se ha observado en el pasado con otros adhesivos simplificados⁴.

En resumen, la mayor ventaja que suponen los adhesivos universales es la amplia gama de sustratos dentales y restauradores con los que se pueden utilizar, además de un protocolo flexible a la hora de presentarse diferentes escenarios clínicos. Sin embargo se deben esperar más estudios a largo plazo para ver su comportamiento y estabilidad con el paso del tiempo.

CAPÍTULO III

RESULTADOS:

Se analizaron estadísticamente 10 muestras para cada uno de los cuatro adhesivos universales, y se obtuvo los datos presentados en las siguientes tablas.

Al realizar las pruebas de tensión y obtener los promedios de fuerza de adhesión representados en la **tabla 1**, se puede observar que el sistema Single Bond Universal presenta el mayor promedio de fuerzas en megapascales, seguido por el Clearfill Universal Bond, el Clearfill SE Bond y por último el Tetric-N Bond Universal.

Sistema adhesivo	Promedio (MPa) y DS
Single Bond Universal	33.5 (9.0)
Clearfill Universal Bond	31.8 (5.9)
Clearfill SE Bond	30.1 (16.5)
Tetric N-Bond Universal	29.5 (5.9)

Tabla 1. Promedio de fuerza de adhesión en megapascales (MPa) y desviación estándar de los grupos experimentales.

Al analizar la varianza de los resultados mostrados en la tabla 2, se puede mencionar que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los sistemas adhesivos ($p=0.8$).

Fuente de variación	d.f.	SS	MS	F	Valor-p	F crit	Omega Sqr.
Entre los grupos	3.0	100.6	33.5	0.3	0.8	2.9	-0.1
Dentro de los grupos	36.0	3.8	105.9				
Total	39.0	3.9					

Tabla 2. Análisis de varianza de los grupos experimentales.

DISCUSIÓN:

Matías Gaete y Luis Cabrera explican, en su artículo “Los adhesivos universales”, cómo los mismos son el fruto de las más recientes investigaciones en adhesión y vienen a ocupar un lugar muy claro dentro del armamentarium clínico del odontólogo. Basan su estrategia adhesiva en la unión con la mínima cantidad de pasos a diferentes sustratos, tanto dentarios como no dentarios³⁴.

Los investigadores realizaron un experimento con adhesivos universales, en que sometieron bajo aislamiento absoluto piezas dentales las cuales posteriormente serían obturadas con resina. Realizaron 2 fases diferentes, en las cuales emplearon grabado total de la dentina y grabado parcial en esmalte. Como conclusiones, ellos observaron que tanto el adhesivo universal de 5ta (etch and rinse - one bottle) y de 7ª generación (self-etch - one bottle) produjeron una misma capa de la penetración del adhesivo en los túbulos dentinales³⁴.

Estos estudios determinaron que podrían usarse los mismos adhesivos sobre distintos sustratos involucrados en el procedimiento, tanto no dentarios (sustratos metálicos, resinosos, ceroméricos y cerámicos) como dentarios (esmalte, dentina y cemento radicular). Se utiliza solo un producto en un menor número de pasos y genera un mismo resultado positivo de adhesión³⁴.

Al igual que en el experimento planteado en la actual investigación, se expone evidentemente cómo cambiar de un adhesivo a otro no generó mayor cambio de resistencia y los cuatro fueron entre ellos igual de efectivos. No se genera indicador de algún tipo de superioridad de uno sobre el otro, y si se emplea

igualdad de protocolos a tratar en los dientes, será normal encontrar el mismo resultado positivo de adhesión.

Alessandro Leite Cavalcanti et al. realizaron pruebas de resistencia al cizallamiento a una velocidad de 1mm/min hasta obtener valores máximos de fuerza de adhesión en MPa y así comparar dos adhesivos, Clearfil SE Bond y Adhese. Los autores mencionan entre los resultados que el Clearfil SE Bond obtuvo mayores valores de fuerza de adhesión que el sistema Adhese y los promedios de fuerza en megapascales rondaron desde 3.77 a 7.90. En el análisis comparativo de estos sistemas adhesivos, concluyeron que los mismos se comportan de manera similar y no se observaron diferencias estadísticamente significativas³⁵.

Del mismo modo, Gomes Moreira comparó en su investigación, mediante pruebas de tensión, la fuerza de adhesión en megapascales de los sistemas adhesivos Clearfil SE Bond, Prompt-LPop, NRC-Non-Rinse Conditoner + Prime & Bond NT, Prime & Bond NT y Scotchbond 1. Los resultados obtenidos de la resistencia adhesiva no mostraron diferencias estadísticamente significativas³⁶. También en el artículo de Thaís Cachuté Paradellal y Marcelo Fava no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de las pruebas de tracción, al comparar muestras preparadas con los sistemas adhesivos Clearfil SE Bond y Prime & Bond 2.1. Únicamente hubo diferencia significativa de One Up Bond F con los demás grupos³⁷.

Al haber mencionado los distintos artículos que midieron la fuerza de adhesión, en donde se obtuvieron resultados similares a los de esta investigación,

se podría pensar que la similitud en los promedios de fuerza de adhesión obtenidos se debe en parte a la composición química de los sistemas adhesivos, ya que los cuatro adhesivos analizados en el estudio contienen MDP, el cual es responsable de formar las nano-capas de sales de calcio²⁰. Estos monómeros específicos actúan al crear un enlace iónico con el calcio de la hidroxiapatita. De esta manera no solamente se cuenta con una retención mecánica, sino que además se cuenta con una unión química responsable de mejorar las propiedades de los sistemas al disminuir la microfiltración y aumentar el tiempo en boca de las restauraciones adhesivas¹⁹.

CONCLUSIONES:

- 1.** En general los cuatro sistemas adhesivos presentaron en promedio altas fuerzas de adhesión, el Single Bond Universal fue el que presentó la mayor fuerza de adhesión.
- 2.** No existe una diferencia estadísticamente significativa entre los sistemas adhesivos.
- 3.** Al tomar en cuenta la similitud entre los resultados de este análisis, no se puede decir que uno de los sistemas adhesivos sea mejor que otro.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL SEMINARIO

Fecha	Actividad	Recursos	Responsables	Evaluación del director	Evaluación del grupo
17/Marzo/2017	Reunión con el Dr. Lafuente para explicación de la realización del proyecto macro (tanto parte teórica como experimental)		Carolina Mazón Cerdas Guiselle Ugarte Zúñiga		
12/Junio/2017	Entrega del primer avance del trabajo escrito		Carolina Mazón Cerdas Guisselle Ugarte Zúñiga Sofía Uribe Garro		
21/Julio/2017	Aplicación de sistemas adhesivos (Clearfill SE Bond, Clearfill Universal Bond y Single Bond Universal) y resina a piezas dentales.	Laboratorio de investigación de la Facultad de Odontología.	Carolina Mazón Cerdas Guiselle Ugarte Zúñiga Sofía Uribe Garro		
17/Agosto/2017	Aplicación de sistema adhesivo Tetric-N Bond Universal y resina a piezas dentales.	Laboratorio de investigación de la Facultad de Odontología.	Carolina Mazón Cerdas Guiselle Ugarte Zúñiga Sofía Uribe Garro		
5/Septiembre/2017	Realización de cortes de las piezas dentales del grupo de Clearfill Universal Bond.	Laboratorio de investigación de la Facultad de Odontología.	Carolina Mazón Sofía Uribe Garro		
18/Septiembre/2017	Realización de cortes de las piezas dentales del grupo de Clearfill SE Bond.	Laboratorio de investigación de la Facultad de Odontología.	Sofía Uribe Garro		
22/Septiembre/2017	Realización de cortes de las piezas dentales del grupo de Single Bond Universal.	Laboratorio de investigación de la Facultad de Odontología.	Sofía Uribe Garro		

26/Septiembre/ 2017	Realización de cortes de las piezas dentales del grupo de Tetric-N Bond Universal.	Laboratorio de investigación de la Facultad de Odontología.	Sofía Uribe Garro		
27/Septiembre/ 2017	Realización de pruebas de tensión del grupo de Clearfill SE Bond.	Laboratorio de investigación de la Facultad de Odontología.	Sofía Uribe Garro		
29/Septiembre/ 2017	Realización de pruebas de tensión del grupo de Clearfill Universal Bond.	Laboratorio de investigación de la Facultad de Odontología.	Sofía Uribe Garro		
2/Octubre/2017	Realización de pruebas de tensión del grupo de Single Bond Universal.	Laboratorio de investigación de la Facultad de Odontología.	Sofía Uribe Garro		
3/Octubre/2017	Realización de pruebas de tensión del grupo de Tetric-N Bond Universal.	Laboratorio de investigación de la Facultad de Odontología.	Sofía Uribe Garro		
9/Octubre/2017	Digitación de resultados de las pruebas de tensión. Se envía por correo al Dr. Lafuente para elaboración de análisis estadístico.		Sofía Uribe Garro		
18/Octubre/ 2017	Dr. Lafuente envía correo con análisis estadístico. Reunión con el Dr. Lafuente para discusión del análisis estadístico.		Dr. Lafuente Guiselle Ugarte Zúñiga Sofía Uribe Garro		
20/octubre/2017	Entrega de 2do avance del trabajo escrito		Carolina Mazón Cerdas Guiselle Ugarte Zúñiga Sofía Uribe Garro		

FACTORES FACILITADORES / OBSTÁCULOS Y DIFICULTADES

OBSTÁCULOS Y DIFICULTADES

Entre los obstáculos encontrados en la preparación de las muestras se tuvo que, a la hora de realizar los cortes sagitales y coronales, los incrementos de resina se separaban de la pieza dental debido a la vibración del disco mientras se realizaba el corte. Algunas pruebas de tensión no funcionaban debido a que un extremo del prisma se separaba del cianoacrilato, por lo cual se debía eliminar el cianoacrilato de ese extremo y volver a aplicarlo. Además, algunos prismas se fracturaban en la unión resina-pieza dental a la hora de manipularlos.

Como recomendaciones para nuevas investigaciones, se podría cambiar los aditamentos de agarre o utilizar una sierra totalmente nueva. Además, se podrían incluir comparaciones con otros sistemas adhesivos y agregar diferentes técnicas de aplicación de los mismos.

FACTORES FACILITADORES

Para la realización de este estudio se contó de forma permanente con el apoyo del Dr. David Lafuente, quien incondicionalmente atendía cualquier duda encontrada a lo largo del proceso, además de dedicarse a explicar personalmente paso por paso la manera correcta de realizar las pruebas de laboratorio y colaborar con el análisis estadístico de los datos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gómez Moreira. Sistemas adhesivos en esmalte, Ventajas y desventajas. Rev. Avances en Odontoestomatología. 2004; 20(4)4-6
2. Garrofé A, Martucci D, Picca M. Adhesión a Tejidos dentinarios. Rev. Fac. de Odon. UBA. 2014; 29(67). 1-2
3. Perdigao J. New Developments in Dental Adhesion. Dent Clin N Am. 2007; 51: 333-357.
4. Perdigao J. Universal Adhesives. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry. 2015; 27(6): 331-334.
5. Miyazaki M, Tsujimoto A, Tsubota K, Takamizawa T, Kurokawa H & Platt J. Important compositional characteristics in the clinical use of adhesive systems. Journal of Oral Science. 2014; 56(1): 1-9.
6. Poggio C, Beltrami R, Colombo M, Chiesa M & Scribante A. Influence of dentin pretreatment on bond strength of universal adhesives. Acta Biomaterialia Odontologica Scandinavica. 2017; 3(1): 30-35.
7. Alves dos Santos R, Alves de Lima E, Japiassu Resende M, Braz R. Pre-treating dentin with chlorhexadine and CPP-ACP: self-etching and universal adhesive systems. Acta Biomaterialia Odontologica Scandinavica. 2016; 2(1): 79-85.
8. Muñoz M, Luque I, Hass V, Reis A, Dourado A, Campanha N. Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. JDEN. 2013; 41: 404-411.

9. Cedillo, J. Adaptación marginal e hibridación de los adhesivos de autograbado. Estudio in vivo. ADM. 2012; vol 2(2): 77.
10. Ramos, G. Adhesión convencional a dentina, dificultades y avances en la técnica. Universidad de Odontología Universidad de Antioquía. 2015; vol1(2): 473-474.
11. Nakabayashi, N. Bonding to Intact Dentin. J. Dent Res. 1996; vol 2(1): 2-3.
12. Hernández M. Aspectos prácticos de la adhesión a dentina. Rev. Avances en Est.Mato. 2004; 6(4). 2-3 Silva J, Hoffmann O. Principios de adhesión dentinaria. Rev. Fac. de Odon. UCaBo. 2010; 3(1): 2-3
13. Osorio R, Yamauti M, Osorio E, Ruiz-Requena ME, Pashley D, Tay F, et al. Effect of dentin etching and chlorhexidine application on metalloproteinase-mediated collagen degradation. Eur J Oral Sci. 2011; 119: 79–85.
14. Carrilho MR, Carvalho RM, de Goes MF, di Hipolito V, Geraldeli S, Tay FR, et al. Chlorhexidine preserves dentin bond in vitro. J Dent Res. 2007; 86:90-94.
15. Brackett W, Tay FR, Brackett MG, Dib A, Sword RJ, Pashley DH. The Effect of Chlorhexidine on Dentin Hybrid Layers In Vivo. Operative Dentistry. 2007; 32(2): 107-111.
16. Carrilho MR, Geraldeli S, Tay F, de Goes MF, Carvalho RM, Tjäderhane L, et al. *In Vivo Preservation of the Hybrid Layer by Chlorhexidine*. 2007; Dent Res 86(6):529-533.
17. Takamizawa T, Barkmeier W, Tsujimoto A, Berry T, Watanabe H, Erickson R et al. Influence of different etching modes on bond strength and fatigue

- strength to dentin using universal adhesive systems. *DEMA*. 2016; 32: e9-e21.
- 18.** Van Landuyt KL, Yoshida Y, Hirata I, Snauwaert J, De Munck J, Okazaki M et al. Influence of the Chemical structure of Functional Monomers on their Adhesive Performance. *J Dent Res*. 2008; 87(8): 757-761.
- 19.** Zhang Z, Tian F, Niu L, Ochala K, Chen C, Fu B et al. Defying ageing: An expectation for dentine bonding with universal adhesives? *JDEN*. 2016; 45: 43-52.
- 20.** Gary, A. Universal Adhesives: The Next Evolution in Adhesive Dentistry. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*; 2015.
- 21.** Yoshida Y, Yoshihara K, Nagaoka N, Hayakawa S, Torii Y, Ogawa T et al. Self-assembled Nano-Layering of the Adhesive Interface. *J Dent Res*. 2012; 91(4): 376-381
- 22.** Breschi L, Mazzoni A, Ruggeri A, Cadenaro M, Di Lenarda R, De Stefano Dorigo E. Dental adhesion review: aging and stability of the bonded interface. *Dent Mater*. 2008; 24:90-101.
- 23.** Yoshida Y, Van Meerbeek B, Nakayama Y, Yoshioka M, Snauwaert J, Abe Y et al. Adhesion to and decalcification of hydroxyapatite by carboxylic acids. *J Dent Res*. 2001; 80(6):1565-1569.
- 24.** Wagner A, Wendler M, Petschelt A, Belli R, Lohbauer U. Bonding performance of universal adhesives in different etching modes. *JDEN*. 2014; 42: 800-807.

- 25.** Farias D, Caldeira de Andrada M, Boushell L, Walter R. Assessment of the initial and aged dentin bond strength of universal adhesives. *IJADHADH*. 2016; 70: 53-61.
- 26.** Chen C, Niu L, Xie H, Zhang Z, Zhou L, Jiao K et al. Bonding of universal adhesives to dentine – old wine in new bottles? *JDEN*. 2015; 43: 525-536.
- 27.** Luiz de Oliveira da Rosa W, Piva E, Fernandes da Silva A. Bond strength of universal adhesives: a systematic review and meta-analysis. *JDEN*. 2015; 43: 765-776.
- 28.** Van Meerbeek B, Yoshihara K, Yoshida Y, Mine A, De Munck J, Van Landuyt KL. State of the art of self-etch adhesives. *Dental Materials*. 2011; 27:17–28.
- 29.** Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, Nakayama Y, Okazaki M, Shintani H et al. Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *Journal of Dental Research*. 2004; 83: 454–8.
- 30.** Frassetto A, Breschi L, Turco G, Marchesi G, Di Lenarda R, Tay F et al. Mechanisms of degradation of the hybrid layer in adhesive dentistry and therapeutic agents to improve bond durability – A literature review. *Dental Materials*. 2016; 32: e41-e53.
- 31.** Fujiwara S, Takamizawa T, Barkmeier W, Tsujimoto A, Imai A, Watanabe H et al. Effect of double-layer application on bond quality of adhesive systems. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2017.10.008>

- 32.** Manuja N, Nagpal R, Pandit IK. Dental Adhesion: Mechanism, Techniques and Durability. Clin Pediatr Dent. 2012; 36(3): 223–234
- 33.** Gaete M, Cabrera L. Los adhesivos universales. Rev. DENTAL TRIBUNE Hispanic & Latin America ADA. 2014; 1(2).20-21
- 34.** Cavalcanti AL, Melo TRNB, Maia AMA, Souza ROA, Salazar-Silva JR. Resistencia al cizallamiento de dos sistemas adhesivos autocondicionantes en dientes deciduos - estudio in vitro: Shear bond strength of two self-etching adhesive in primary dentin - in vitro study. Acta odontol. venez [Internet]. 2008 Jun [citado 2017 Oct 30]; 46(2): 176-179. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652008000200013&lng=es
- 35.** Gomes Moreira MA. Sistemas adhesivos autograbadores en esmalte: ventajas e inconvenientes. Av Odontoestomatol [Internet]. 2004 [citado 2017 Oct 30]; 20(4): 193-198. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852004000400004&lng=es.
- 36.** Paradella TC, Fava M. Bond strength of adhesive systems to human tooth enamel. Braz. oral res. [Internet]. 2007 Mar [citado 2017 Oct 30]; 21(1): 4-9. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-83242007000100001&lng=en. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-83242007000100001>.