



**Universidad
Andrés Bello®**

UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLO

Facultad De Odontología

Asignatura De Clínica Integral Del Adulto

**ESTUDIO COMPARATIVO IN VITRO DE RESISTENCIA
ADHESIVA MICROTRACCIONAL, UTILIZANDO SISTEMA
ADHESIVO SINGLE BOND UNIVERSAL CON PROTOCOLO DE
GRABADO-LAVADO Y AUTOGRABANTE.**

Tesis de pregrado para optar al título de Cirujano-Dentista

Autores:

Daniel Lizama Yevenes.

Humberto Salazar Valdés.

Profesor guía:

Dr. Alonso Hidalgo S.

AGRADECIMIENTOS:

En primer lugar, agradecemos el apoyo incondicional de nuestros padres, que han estado junto a nosotros desde el primer día.

A todos los profesores y doctores que han participado en esta larga etapa de formación universitaria.

Al Dr. Manuel Gajardo y Pablo Pinto que nos ayudaron durante semanas para realizar las muestras de este trabajo, gracias por su dedicación y buena disposición.

A Felipe Flores por habernos recibido en su casa los días que tuvimos que trabajar en el laboratorio de biomateriales ubicado en la universidad Andrés Bello sede Viña del mar.

Por último agradecer a nuestro tutor, Dr. Alonso Hidalgo, por su dedicación y apoyo durante este proceso de formación y realización de nuestro trabajo de investigación. Esperamos seguir contando con su apoyo siempre.

Resumen:

Objetivo: Comparar los valores de resistencia microtraccional al realizar restauraciones directas de resina cuando se utiliza un mismo sistema adhesivo con protocolo grabado-lavado y autograbante.

Materiales y métodos: 20 terceros molares incluidos con indicación de extracción, formación coronaria completa y sin malformaciones, se distribuyeron en 2 grupos de 10 dientes cada uno. Fueron desgastados en su cara oclusal en una máquina recortadora, hasta nivel de la unión del tercio oclusal y tercio medio coronario. Grupo 1, se realizó protocolo de grabado ácido convencional; Grupo 2, se aplicó el protocolo Autograbante, utilizando para ambos grupos sistema adhesivo Single Bond Universal®. Se aplicó resina compuesta (RC) para simular restauraciones directas, previa aplicación del Sistema adhesivo y se polimerizó la RC con una lámpara de 1100 mW/cm² por 20 segundos cada incremento. Las muestras fueron sometidas a cortes axiales obteniendo un total de aproximadamente 40 muestras por grupo, las que fueron sometidas a test de microtracción para evaluar la resistencia adhesiva microtraccional. Para el análisis estadístico se utilizaron los test de Normalidad de Kolmogorob y Smirnov y la prueba T-Student.

Resultados: En grupo 1 se observó una media de valores de resistencia adhesiva microtraccional de 27,06 N, en el Grupo 2 la media obtenida fue de 22,55 N, demostrando diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos. En relación al tipo de fallas, grupo 1 presentó 81.8% de falla adhesiva y 18.2% fallas cohesivas, mientras que grupo 2 presentó 97.5% de fallas adhesivas y 2.5% de fallas cohesivas.

Conclusiones: Los mayores valores de resistencia adhesiva microtraccional se obtuvieron con de las muestras en las que se aplicó el protocolo de grabado ácido convencional utilizando sistema adhesivo Single bond universal.

Palabras Claves: Resistencia adhesiva, Microtracción, Sistema adhesivo grabado-lavado, Sistema adhesivo autograbante, Single Bond Universal.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCION.....	6
MARCO TEORICO.....	7
Capítulo I “Generalidades de adhesión”.....	7
Adhesión física.....	8
Adhesión química.....	9
Capítulo II “Adhesión a tejidos dentarios”.....	9
Adhesión a esmalte.....	9
Adhesión a Dentina.....	10
Capítulo III “Sistemas adhesivos”.....	13
Componentes fundamentales que conforman un sistema adhesivo.....	13
Clasificación de los sistemas adhesivos.....	15
Single Bond® Universal (3M/ESPE, USA).....	18
Capítulo IV “Fundamentos de Adhesión”.....	20
Aspectos principales en adhesión.....	20
Acondicionamiento del sustrato.....	20
Mecanismos de unión.....	21
Capítulo V “Test de microtracción”.....	25
HIPOTESIS.....	28
OBJETIVOS.....	29
MATERIALES Y METODOS.....	30
RESULTADOS.....	43
DISCUSION.....	46
CONCLUSIONES.....	48
SUGERENCIAS.....	49
BIBLIOGRAFIA.....	50

INDICE DE TABLAS

TABLA 1, VARIABLES.....	30
TABLA 2, EQUIPOS	32
TABLA 3, MATERIALES.....	33
TABLA 4, MEDIDAS DE RESUMEN PARA LAS FUERZAS DE RESISTENCIA ADHESIVA SEGÚN AMBAS TECNICAS.....	43

INDICE DE GRAFICOS

GRAFICO 1, CAJAS Y BIGOTES.....	44
GRAFICO 2, DISTRUBUCION DEL TIPO DE FALLA OBSERVADA SEGÚN GRUPO DE ESTUDIO.....	45

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1, ELIMINACION DEL MATERIAL ORGANICO DE MOLARES	34
FIGURA 2, SECUENCIA DE CONFECCION DEL BLOQUE DE ACRILICO.....	35
FIGURA 3, DIENTE MONTADO EN CUBO DE ACRILICO.....	35
FIGURA 4, RECORTE DEL CUERPO DE PRUEBA	36
FIGURA 5, APLICACIÓN DE SISTEMA ADHESIVO SINGLE BOND UNIVERSAL CON PROTOCLO GRABADO-LAVADO	37
FIGURA 6, APLICACIÓN DE SISTEMA ADHESIVO SINGLE BOND UNIVERSAL CON PROTOCLO AUTOGRABANTE	38
FIGURA 7, RECONSTRUCCION DE LA MUESTRA CON RESINA COMPUESTA	38
FIGURA 8, CORTE DE LOS CUERPOS DE PRUEBA	39
FIGURA 9, MEDIDA DE LAS VARILLAS DE PRUEBA.....	39
FIGURA 10, MAQUINA DE MICROTRACCION	41
FIGURA 11, CUERPOS DE PRUEBA EN MAQUINA DE MICROTRACCION.....	41

INTRODUCCION

La odontología restauradora ha tenido grandes avances, gracias al constante desarrollo de nuevos materiales y técnicas de adhesión.

Hoy en día los principios de la adhesión dentinaria se basan en los estudios realizados por Nakabayashi¹ en 1982, donde nombra y describe la llamada Capa Híbrida². Esta capa es formada por la infiltración de los monómeros presentes en la resina de los sistemas adhesivos dentro de las porosidades, dejadas por el grabado ácido en la superficie de esmalte y dentina³, de modo que la resina infiltrada se sitúa entre las redes de colágeno, logrando generar una unión estructural similar a la interfase que existe entre la unión amelodentinaria⁴, por lo tanto, la formación de la capa híbrida tiene un rol fundamental en la calidad de la adhesión y en los procedimientos adhesivos en odontología restauradora.

La amplia demanda de sistemas adhesivos ha impulsado una rápida evolución, logrando disminuir los pasos operatorios, los que se traduce en la disminución del tiempo clínico.

Actualmente en el mercado nacional es posible encontrar una gran variedad de sistemas adhesivos, los cuales pueden ser clasificados en:

1. Sistemas adhesivos según tipo de grabado: de grabado y lavado y autograbante
2. Generaciones según su cronología de aparición en el mercado, siendo los adhesivos de cuarta, quinta y sexta generación los más utilizados hoy en día⁵.

MARCO TEORICO

Capítulo I “Generalidades de adhesión”

Definición de adhesión

La adhesión se define como el estado en el que dos superficies se mantienen unidas mediante fuerzas basadas en mecanismos químicos, mecánicos o ambos. Cuando se desea adherir estas dos superficies, es necesario destacar que uno de los requisitos más importantes es lograr un íntimo contacto entre ambas partes, para lo anterior se requiere de un elemento adicional que al ser puesto en contacto con ambas superficies pueda armonizarlas y lograr su unión. Este elemento casi siempre, es un material semilíquido que luego de endurecido mantendrá unidas ambas superficies⁶. Los materiales capaces de unir dos superficies se denominan adhesivos, mientras que los materiales a los que se le aplica adhesivo se denominan adherentes (McCabe, 1958). El espacio virtual que hay entre las superficies unidas se denomina interfase.

Los adhesivos son resinas fluidas de baja viscosidad que humedecen la superficie del esmalte y dentina de alta energía superficial, siendo así mismo atraídos hacia las microporosidades por el efecto de la atracción capilar, formando las prolongaciones de resina que permiten una micro-retención mecánica (Bounocuore, 1955; Perdigão et al., 2000) .⁷

En el caso de la odontología entran en juego tres sustratos:

- Material biológico (Diente)
- Material de restauración
- Sistema Adhesivo

Tipos de adhesión

En materiales dentales entendemos que existen 2 grandes tipos de adhesión⁸:

1. Adhesión física
2. Adhesión Química

Adhesión física

Tiene que ver con una relación de contacto en donde no hay formación de enlaces químicos. Existen 2 formas que ocurra esta adhesión.⁵

- **Macromecánica:** Es aquella en que las partes quedan trabadas en función de la morfología macroscópica de ellas. Se logra mediante diseños cavitarios que deben lograr una forma de retención o anclaje.
- **Micromecánica:** Es aquella en que las partes quedan trabadas en función de su morfología microscópica. Este tipo de adhesión es una de las más utilizadas en odontología adhesiva.

La adhesión mecánica se produce por dos mecanismos:

- **Efectos geométricos:** Son aquellos que están en relación a las formas que presentan las superficies, ya sea de tipo macroscópico o microscópico, tales como poros, rugosidades, diseño cavitario, etc. Estas formas producen la trabazón necesaria para mantener unidas las partes. Un ejemplo de adhesión mecánica por efecto geométrico es el diseño de una preparación cavitaria a través del cual se retiene una restauración ⁹.
- **Efectos reológicos:** Está relacionado con los cambios dimensionales que puede tener un material, los cuales generan tensiones que ayudarán a la adhesión. Con los materiales utilizados en odontología podemos encontrar fenómenos de contracción y expansión.

Un ejemplo de lo anterior ocurre en las restauraciones de amalgama, las cuales se tienden a adherir a las paredes de la cavidad no solo por la forma de esta, sino que también porque el material se expande.

Adhesión química

Es considerada como el verdadero mecanismo de adhesión, dado que entre ambas superficies se producen enlaces químicos, los cuales pueden ser de dos tipos.

1. Uniones químicas primarias, enlaces fuertes o interatómicos: Son aquellas que se dan entre átomos, siendo de tipo iónicas, covalentes o metálicas. Son uniones de alta energía y son consideradas como el verdadero mecanismo de adhesión, por ejemplo, la unión que se genera entre las capas de composite cuando se utiliza técnica incremental.
2. Uniones químicas secundarias o enlaces débiles: Éstas son uniones que se dan entre moléculas, pudiendo ser de tipo dipolos permanentes o fluctuantes. Son uniones relativamente débiles, como por ejemplo los puentes de hidrógeno y Fuerzas de Van der Waals. Son uniones débiles que no tienen importancia en la adhesión.

Capítulo II “Adhesión a tejidos dentarios”

1. Adhesión a esmalte

El esmalte es un tejido microcristalino, microporoso, anisótropo, acelular, avascular, aneural y de extrema dureza está compuesto por un 96% de cristales inorgánicos de hidroxiapatita que constituyen la ultraestructura del tejido, conteniendo además un 2% de agua y un 2% de matriz orgánica en peso.

Los cristales de hidroxiapatita están compuestos por iones fosfato y calcio junto con un grupo hidroxilo. Son estas uniones iónicas las que otorgan su elevada energía superficial, lo cual es favorable cuando se trata de generar procesos adhesivos en su superficie¹⁰.

Desde que Buonocore, en 1955, introdujo el concepto de tratar el esmalte para alterar químicamente sus características superficiales y permitir la adhesión de los materiales restauradores a la superficie de esmalte dentario, la odontología adhesiva ha cambiado y evolucionado rápidamente. Esto se debe al hecho de que se requiere la adhesión para oponerse y soportar las fuerzas de contracción durante la polimerización de la resina compuesta y para promover una mejor retención e integridad marginal durante el funcionamiento de la pieza dentaria restaurada.

2. Adhesión a Dentina

Los mecanismos de adhesión a esmalte han sido ampliamente estudiados, lo que ha permitido lograr con éxito la adhesión en este sustrato, sin embargo los métodos y sistemas de adhesión a dentina todavía son discutidos y algunos en vías de investigación.

La dentina es un tejido conectivo parcialmente mineralizado, contiene un promedio de un 70% de sustancia inorgánica, un 12% de agua y un 18% de sustancia orgánica. De esta parte orgánica está compuesta casi totalmente por colágeno (un 93%), con cantidades mínimas de polisacáridos, lípidos y proteínas³.

Este tejido está constituido por túbulos dentinarios los cuales se extienden desde la pulpa hasta la unión amelodentinaria³. Cada uno de estos túbulos presenta procesos odontoblásticos en su interior. Estos últimos son prolongaciones citoplasmáticas de los odontoblastos que se encuentran localizados en la zona externa de la pulpa, histológicamente está formada por una dentina peritubular e intertubular, que varían según la profundidad.

La dentina intertubular se forma principalmente por fibras colágenas, principales fibras del tejido conectivo, estas proporcionan resistencia al ser flexibles y elásticas. Tenemos componentes que participan activamente en la adhesión como son el colágeno tipo I y III, glicosaminoglicanos y proteoglicanos⁸.

Por otro lado tenemos la dentina peritubular la que constituye un anillo hipermineralizado que se encuentra rodeando a los túbulos dentinarios. Se caracteriza por tener grandes cantidades de cristales de hidroxiapatita y por su carencia de fibras colágenas, a diferencia de la dentina intertubular. Sufre modificaciones estructurales y de composición con el tiempo la dentina peritubular aumenta de espesor y con esto una disminución del diámetro interno de los túbulos, producto del depósito de minerales⁸.

El sustrato dentinario puede ser dividido en:

- 1) **Dentina superficial:** Esta ubicada cerca del límite amelodentinario, presentando una menor cantidad de túbulos, aproximadamente 18.000 túbulos/ mm² con un diámetro de 0,9 µm, esto hace que sea un sustrato adhesivo más eficiente, debido a

la presencia de hidroxiapatita, fibras colágenas y un porcentaje mínimo de agua, en la dentina intertubular^{8, 10}.

- 2) **Dentina media:** Puede presentar alrededor de 25.000 túbulos/mm² con un diámetro de 1,5 a 1,8 μm aproximadamente, constituyendo un sustrato efectivo para la adhesión. La dentina intertubular posee fibras colágenas, hidroxiapatita y agua, en una cantidad media que está entre la dentina superficial y la profunda.
- 3) **Dentina profunda:** posee una mayor cantidad de tubulos dentinarios al igual que su contenido acuoso, alcanzando una cantidad de 66.000 a 90.000 túbulos/mm² con un diámetro aproximado de 3,2 a 4,6 μm y un menor porcentaje de colágeno que las anteriores. Debido a esto considerada el sustrato más deficiente para la adhesión por del diámetro y cantidad de túbulos, ya que, la superficie de la dentina intertubular se encuentra disminuida, disminuyendo el colágeno, hidroxiapatita y aumentando la cantidad de agua.

Dada las diferencias estructurales que presenta este tejido como su alta heterogeneidad, humedad y contenido orgánico se considera como un sustrato más deficiente para la adhesión, por lo cual el grabado ácido sobre la dentina no puede dar los mismos patrones de grabado que en el esmalte¹¹

Este acondicionamiento de la dentina tiene por función retirar totalmente el barro dentinario producto de la preparación cavitaria y por otro lado disolver parcialmente la hidroxiapatita de la dentina¹².

Fracasos en la adhesión

Es importante destacar que los fracasos en la adhesión se van a traducir en fallos a distintos niveles de las interfaces, pudiendo encontrar fallas adhesivas o cohesivas.

El poder localizar este tipo falla tiene importancia por dos motivos principalmente:

1. Para investigación, evaluar resistencia adhesiva y el nivel donde se produce el tipo de falla.

2. Para importancia biológica, puesto que la falla adhesiva puede generar microfiltración, caries marginal y sensibilidad postoperatoria, según donde se encuentre¹³.

Falla adhesiva

Este tipo de falla ocurre entre dos estructuras distintas, es decir en la interface entre ambas. Pudiéndose producir¹⁴, por aislación deficiente, contaminación del material adhesivo, humedad, etc.

Estas fallas pueden ser entre:

- Esmalte y Material Adhesivo
- Dentina y Material Adhesivo
- Resina compuesta y Material Adhesivo

Falla cohesiva

Este tipo de falla ocurre en el interior de la estructura del material. Si es que se encuentra a nivel del sustrato puede deberse por alguna desmineralización o traumatismos, por el contrario si es a nivel del material restaurador lo más frecuente es que sea por contaminación o técnica incorrecta

Esta falla puede ser en:

- Esmalte
- Dentina
- Resina compuesta
- Material Adhesivo

Para unificar los resultados, en este estudio definiremos como ***falla adhesiva***, toda aquella separación que se produzca a nivel de la interfaz dentina-material adhesivo y como ***falla***

cohesiva, toda separación que se produzca a nivel de la resina compuesta y del material adhesivo.

Capítulo III “Sistemas adhesivos”

El surgimiento y desarrollo de los sistemas adhesivos modificaron completamente la práctica de la odontología. Tal revolución no solo altero los conceptos de preparación cavitaria sino también posibilito la mayor preservación de la estructura dentaria remanente sana, siendo esta la más significativa conquista posibilitada por el uso de este material. Esta técnica contribuyo de sobremanera para mejorar el sellado marginal de restauraciones de resina compuesta con márgenes localizados en esmalte.

El éxito de técnica adhesiva a dentina llevo más tiempo para consolidarse, debido a las diferencias morfo y fisiológicas de la dentina en relación al esmalte.

El principal mecanismo utilizado para retener los sistemas adhesivos actuales, se basa en la infiltración de monómeros resinosos por la capa superficial de dentina y esmalte, previamente desmineralizados y posterior polimerización.

Cada sistema adhesivo está conformado por 3 componentes básicos¹⁵:

1. Acido: Prepara el sustrato para la adhesión.
2. Primer: Solución hidrofílica compatible con dentina húmeda y posee solventes en su composición.
3. Adhesivo: Parte hidrofóbica compatible con la resina compuesta¹⁶.

Componentes fundamentales que conforman un sistema adhesivo¹⁷:

Agente grabador: Los más frecuentemente usados son ácidos fuertes (Ortofosfórico al 37%) con la técnica de grabado total de Fusayama. También se siguen usando en la composición de los imprimadores ácidos débiles (cítrico maleico, etc.) y por último nos

encontramos con las nuevas resinas acidicas (Phenil-p, MOP) que actúan como grabadores en los modernos adhesivos autograbantes.

Resinas hidrofílicas: Estas son las encargadas de conseguir la unión a dentina impregnando la capa híbrida y formando "tags" aprovechando precisamente la humedad de la dentina. Son resinas como PENTA, HEMA , BPOM, TEGOMA , GPOM o 4-META.

Resinas hidrofóbicas: Son las primeras que formaron parte de los materiales adhesivos y aunque son poco compatibles con el agua su función en los sistemas adhesivos es doble, por un lado conseguir una buena unión a la resina compuesta que también es hidrofóbica y por otro conseguir que la capa de adhesivo tenga un grosor suficiente para que nuestra interfase dentina resina soporte el estrés a que se va ver sometida ya que suelen ser más densos que las resinas hidrofílicas.

Activadores: Son los encargados de desencadenar la reacción en cascada de la polimerización. Básicamente nos encontramos con dos, los foto activadores que son las camforoquinonas o el PPD y los quimio activadores como el complejo Amina peróxido. En algunas ocasiones se encuentran asociados ambos tipos de activadores y estamos entonces ante un adhesivo de fraguado dual.

Relleno inorgánico: Este componente no aparece en todos adhesivos pero en los que lo hace pretende reforzar a través del nanorelleno la resina y conseguir así un adhesivo con propiedades mecánicas mejoradas. Con este tipo de adhesivos es más fácil conseguir un adecuado grosor de capa pues son menos fluidos.

Disolventes: En la mayoría de los productos que usamos el solvente es un mero vehículo del producto pero en los sistemas adhesivos este es uno de los componentes fundamentales para conseguir una adhesión adecuada ya que es fundamental para conseguir una adecuada capa híbrida. Por otro lado los solventes muy volátiles como la acetona o el etanol pueden tener problemas en su manipulación porque si dejamos abierto el bote de adhesivo se evaporan con facilidad y la proporción resina solvente se altera y con ella las propiedades del producto¹⁸. Es por ello que se están desarrollando nuevos adhesivos en botes mono dosis Los solventes que utilizan nuestros adhesivos son agua, etanol y acetona.

Clasificación de los sistemas adhesivos:

Existe una gran variedad de sistemas adhesivos, así como también distintas clasificaciones. A continuación se detallarán dos tipos de clasificaciones.

1. Clasificación histórica de los sistemas adhesivos.
2. Clasificación según pasos clínicos y forma de interacción con el sustrato dentinario.

A. Clasificación histórica de los sistemas adhesivos:

Son clasificados por el orden en el que han ido apareciendo en el mercado de 1º a 7º generación. A partir de la 4ta generación estos sistemas empiezan a adquirir un mejor funcionamiento, por lo que hoy en día utilizamos sistemas adhesivos de 4º generación en adelante.

- **Primera generación:** Se adiciona un monómero activador superficial, metacrilato glicidilfenilglicina-N, a la resina BIS-GMA, para facilitar la quelación del calcio superficial. Se encontró que este sistema tenía pobre adhesión (3 Mpa).
- **Segunda generación:** La mayoría de estos materiales fueron ésteres halofosforados de resina sin relleno, tales como Bisfenol A-glicidil Metacrilato (BIS-GMA) o Hidroxietil Metacrilato (HEMA). El promedio de la fuerza de adhesión de estos materiales es de 2 a 7 Mpa.
- **Tercera generación:** Se introdujo el acondicionamiento dentinario mediante un primer previamente a la colocación del agente adhesivo que remueve el barro dentinario. Fuerza de adhesión a dentina entre 9 y 18 Mpa.
- **Cuarta generación:** Transformaron la odontología gracias a la alta fuerza de unión a la dentina, entre 17 y 25 Mpa y la disminución de la sensibilidad postoperatoria.
- **Quinta generación:** Estos materiales se adhieren al esmalte, dentina, cerámica y metales, pero lo más importante es que se caracterizan por tener en un solo frasco el primer y adhesivo. La fuerza de retención a la dentina está en el rango de 20 a 25 Mpa.
- **Sexta generación:** También llamados sistemas adhesivos autograbadores, estos incorporan una resina ácida que al ser aplicada sobre el sustrato dental disuelven el barro dentinario y crea un pequeño frente de desmineralización

- **Séptima generación:** Se presentan todos los componentes necesarios para la adhesión en una sola botella. Tanto los adhesivos de sexta como los de séptima generación ofrecen autograbado y el autoiniciado para los odontólogos que buscan procedimientos perfeccionados, con baja reacción a variaciones en la técnica y poca o ninguna sensibilidad post operatoria. La gran sencillez de utilización que se pretende en estos adhesivos se ve completamente disminuida debido a que su desempeño ha demostrado ser notoriamente inferior a los adhesivos de 4ta, 5ta y 6ta generación.¹⁹

B. Según pasos clínicos y forma de interacción con el sustrato dentinario.

1.- Adhesivos de grabado y lavado:

Requieren de una fase previa de acondicionamiento del tejido con ácidos, como el ortofosfórico al 37%, el cual proporciona una superficie porosa e irregular que permite la penetración de monómeros de resina polimerizables, y así otorgar la retención micromecánica a través de los “tags” de resina. Este proceso de grabado remueve la capa de barro dentinario facilitando la interacción del adhesivo con la malla colágena expuesta, lo que asegura la infiltración del adhesivo y sellado de los túbulos dentinarios²⁰. Sobre el tejido condicionado se utiliza un primer o acondicionador, los cuales son promotores de la adhesión, constituidos por monómeros hidrófilos disueltos en un solvente volátil y que tiene la función de penetrar en las irregularidades de la dentina húmeda desmineralizada. En la dentina, el tratamiento con ácido fosfórico elimina por completo el barro dentinario, dejando los túbulos de dentina abiertos y expuestos. La matriz de colágeno también se desmineraliza. En este caso, es necesario sellar completamente los túbulos para evitar la sensibilidad y, en algunos sistemas, el colágeno desmineralizado debe mantenerse húmedo para evitar que las fibras de colágeno se colapsen y, por consiguiente, se reduzca la fuerza de adhesión²¹. Por último, utilizan una resina hidrófuga, como el BIS-GMA que actúa como intermediario de unión química entre el primer y el material restaurador. Estos, poseen el inconveniente de que su técnica es muy sensible, debido al número de pasos de su aplicación, por lo que tiene mayor dificultad controlar la humedad, sin desecar o sobre humedecer la dentina durante el lavado y secado del ácido.

2.- Adhesivos de autograbado:

En estos sistemas la fase de grabado ácido ha sido modificada y unida al agente imprimador, “primers de autograbado” (self-etchingprimers), como ésteres de fosfato o ácidos carboxílicos, unidos a los componentes básicos del imprimador (HEMA) ²⁰. Este acondiciona e interactúa con los tejidos dentarios con mayor contenido de agua, logrando grabado e imprimación simultáneamente sin necesidad de lavar con “spray” de agua²², cómo se utiliza en la técnica de grabado y lavado. A diferencia de los sistemas de grabado ácido, estos imprimadores de autograbado tienen la capacidad de penetrar a través de la capa de barrillo dentinario y desmineralizar la dentina superficial subyacente, de esta manera modifican esta capa de barro dentinario, o bien la incorporan a la llamada capa híbrida, así permiten una adecuado infiltración de los monómeros de resina del adhesivo en la red colágena de dentina²². Además de contener una resina hidrófuga adhesiva que se une químicamente al material restaurador²³.

También podemos encontrar adhesivos autograbantes donde se combina el agente grabador, el primer y resina hidrófuga. Estos pueden presentarse sin relleno o con partículas vidrio ionomérico liberadores de flúor. Su ventaja principal consiste en la comodidad de su aplicación, además de eliminar el lavado de la superficie solo requieren de un secado para distribuir uniformemente el producto antes de su fotopolimerización. Vienen presentados comercialmente en dos botes, los cuales deben mezclarse para activar sus componentes inmediatamente antes de su aplicación.

Actualmente podemos encontrar una generación de adhesivos, denominados sistemas adhesivos Universales. Los adhesivos universales son el fruto de las más recientes investigaciones en adhesión y vienen a ocupar un lugar muy claro dentro del armamentario clínico del odontólogo. Basan su estrategia adhesiva en la disminución de pasos clínicos y la unión a diferentes sustratos tales como metales, resinas directas e indirectas y cerámicas vítreas. Para lograr dicho cometido incluyen en su fórmula química ácido polialquenóico, vinyl silano y monómeros acídicos bifuncionales (ésteres fosfatados principalmente), todo en presentación de monobotella. Entre ellos encontramos el Sistema Peak Universal SE Bond (Ultradent, USA), Optibond Versa (Kerr, USA) All Bond Universal (Bisco, USA) y Single Bond® Universal (3M/ESPE, USA)

Single Bond® Universal (3M/ESPE, USA).

Las innovaciones en odontología restauradora han sido importantes durante los últimos años, destacando los avances en la tecnología de los materiales adhesivos en base de resinas compuestas: materiales restauradores, sistemas adhesivos y cementos autoacondicionantes. Ello ha derivado en un importante ahorro de tiempo clínico, lo que beneficia tanto a los profesionales como al paciente^{21, 24}.

Dentro de esos progresos es destacable el nuevo sistema Single Bond Universal®, cuya composición química le permite adaptarse a los desafíos de conseguir buenos niveles de adhesión frente a las variadas condiciones de mineralización y humedad de los sustratos dentarios, sin necesidad de tener que cambiar de adhesivo.

Adicionalmente, al poder ser utilizado como adhesivo autoacondicionante de una botella, permite al clínico tener la libertad de seleccionar entre tres técnicas de adhesión –grabado total, autoacondicionado o grabado selectivo- y de esa forma evitar la necesidad de disponer de varios adhesivos que sean compatibles con diferentes técnicas, lo que hace sencillo el cumplir con los distintos requerimientos de adhesión de las superficies dentarias en tratamiento.

El paciente también recibe algunas ventajas al usar Single Bond Universal®. Por una parte, el poder adaptarse a diferentes sustratos dentarios, permite lograr buenos niveles de adhesión independientemente de la superficie. Por otro lado, el poder adherirse al barro dentinario, reduce la permeabilidad dentinaria, lo que se traducirá en menor sensibilidad post-operatoria producto de la microfiltración marginal^{21, 24}.

Este sistema adhesivo es uno de los más utilizados hoy en día en Chile, tanto a nivel profesional como formativo. El fabricante establece que este sistema adhesivo puede ser utilizado siguiendo un protocolo de grabado y lavado o también como autograbante. Dado lo anterior es importante determinar si efectivamente las indicaciones descritas por el fabricante no presentan diferencias significativas bajo los dos protocolos indicados en el manual de uso.

Ventajas:

- Capacidad de ser utilizado en cualquiera de las técnicas adhesivas, grabado total, grabado selectivo de esmalte o auto grabado.
- Performance clínico adhesivo comprobado.
- Alta tolerancia a la humedad para permitir la unión constante a dentina grabada húmeda y seca, gracias a la presencia de Copolímero de Vitrebond.
- Virtualmente no hay sensibilidad post-operatoria.
- Combinación de imprimador / adhesivo con capacidad para adherirse a sustratos indirectos (metales, óxido de zirconio, alúmina y cerámicas de vidrio) gracias a la presencia en su composición de MDP y Silano^{21, 24}.

Indicaciones de uso:

Restauraciones Directas

- Adhesión de Resina Compuesta
- Sellado previo a restauraciones de amalgama
- Desensibilización de superficies radiculares
- Barniz protector de ionómeros de vidrio
- Reparación de Composite
- Adhesión sellantes

Restauraciones Indirectas

- Adhesión de carillas
- Adhesión de inlays, onlays, coronas, etc.
- Reparación intra oral de restauraciones indirectas
- Sellado previo a la temporización

Primer de superficies Indirectas

- Zirconia
- Cerámica
- Aleaciones de Metal^{21, 24}.

Capítulo IV “Fundamentos de Adhesión”

Aspectos principales en adhesión

Con el paso del tiempo se han desarrollado nuevas técnicas y sistemas adhesivos, que han mejorado la unión diente- material restaurador, todo esto ha sido posible gracias al aumento de estudios referentes a la fisiología del complejo dentino-pulpar, su microanatomía y composición.

Estudios realizados por Assmussen²⁵ consideraban una adecuada resistencia, para la interfase adhesiva sometida a fuerzas tangenciales, una tensión de 10-12 MPa, ya que fuerzas superiores podían producir un fallo cohesivo y no adhesivo.

Gracias a estos avances tecnológicos las fuerzas de adhesión que se manejan con los sistemas adhesivos actuales superan con garantías los 20 MPa en dentina, llegando algunos a alcanzar los 43-45 MPa.

Acondicionamiento del sustrato

En el año 1987 Fusuyama describió su técnica de grabado total con ácido ortofosfórico al 37% ²⁶, desde ese entonces la técnica de grabado o preparación de la superficie dental se fue perfeccionando.

Antes de la técnica descrita por Fusayama, en la odontología daba pánico tratar la dentina de dientes que se encontraban vitales con ácidos tan agresivos como el ortofosfórico y reservábamos éste para el esmalte ya que este es más mineralizado, tratando el barro dentinario con ácidos más débiles que no comprometieran la vitalidad de los odontoblastos y pulpa subyacente a nuestra zona de adhesión. Se sabía que si se aplicaba un ácido fuerte a ambas superficies, esmalte y dentina, durante 40 segundos se conseguía una perfecta adhesión a esmalte y una pobre adhesión a dentina esto ya que la superficie dentinaria quedaba sin la presencia de barro dentinario, con la entrada a los túbulos despejada, pero la superficie intertubular e intratubular totalmente lisa. Es así como la aplicación de un ácido fuerte en esmalte y uno débil en dentina nos da la misma perfecta unión a esmalte y una unión mejor a dentina, ya que esta se desmineraliza y deja al descubierto una densa capa de colágeno sin hidrolizar que cubría la dentina intertubular y la dentina de la entrada a los túbulos dentinarios que mejoraba la adhesión.

Fusayama logro demostrar que se podía grabar con ácidos fuertes durante un tiempo de tan solo 15 segundos y conseguir una adecuada unión del adhesivo al esmalte y una superficie idéntica a la de los ácidos débiles en dentina. La reducción del tiempo de grabado es uno de los factores más importantes en una correcta adhesión como se ha demostrado desde entonces hasta trabajos recientes ²⁷.

El lavado del ácido que actuó debe ser por un tiempo adecuado, por lo menos igual o bien superior al de su aplicación, y con una fuerza alta para poder penetrar en los poros, remover el ácido y las sales de calcio disueltas en el líquido, estas se eliminan por una dilución del ácido presente en el fondo de las grietas en que está atrapado ^{3, 28}.

Mecanismos de unión

Los mecanismos de unión micromecánica que se obtiene entre dentina y adhesivo se basan en:

1. Tags intratubulares

Estos se forman por la penetración del adhesivo en los túbulos dentinarios que han sido expuestos previamente por el grabado con ácido ortofosfórico, estas prolongaciones resinosas aprovechan los túbulos dentinarios para conseguir microretención mecánica.

Capa híbrida

Nakabayashi en 1982¹ describió la capa híbrida como un hallazgo microscópico y posteriormente confirmado en diversos estudios^{29, 30}.

En 1991, sostiene que los adhesivos actuales hidrófilos presentan la capacidad de penetrar el enmarañado de fibras colágenas formado por la desmineralización de la dentina, creando una capa híbrida de colágeno, hidroxiapatita y resina; es decir formada por la difusión de la resina en la dentina previamente acondicionada con ácido. Gracias a este mecanismo de micro-imbricamiento mecánico es que la resina adquiere retención³¹.

Podríamos decir que se forma por la penetración del adhesivo a través del nano espacio que quedan entre las fibras de colágeno desnaturalizadas y expuestas por la acción del ácido en la superficie dentinaria y que tras polimerizar, quedan atrapadas en ella.

La importancia de esta microestructura en la fuerza de adhesión a dentina de los sistemas adhesivos ha sido ya bastante demostrada, siendo más importante que la de los tags³².

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

1. Impregnación adecuada de las fibras de colágeno³³.
2. Adecuado grosor de la capa de adhesivo que permita amortiguar en cierto modo las fuerzas que sobre él se van a ejercer³⁴.

1. **En la adecuada impregnación del colágeno por el adhesivo intervienen varios factores:**

a. Grosor de la capa desmineralizada: Las resinas adhesivas son capaces de infiltrar mejor la dentina totalmente desmineralizada que la dentina parcialmente desmineralizada a menos que la matriz de colágeno se colapse^{1,35}. Sabemos que tiene importancia la longitud de esas fibras de colágeno, es decir el espesor de la “alfombra de colágeno” que tenemos que impregnar. Nakabayashi 1982, piensa que con profundidades de desmineralización de 1-2 micras son suficientes para conseguir cifras de adhesión adecuadas y pueden infiltrarse más fácilmente que desmineralizaciones más profundas¹. Por otro lado Van Meerbeeck y cols. 1992 demostró que algunos sistemas adhesivos presentan discrepancia entre la profundidad de desmineralización dentinaria y la infiltración por el adhesivo, lo que no le sorprendió viendo los nano-espacios por los que la resina debe pasar para llegar a infiltrar el colágeno si ese colágeno está colapsado³⁰.

b. Colapso de las fibras de colágeno: Diversos autores han descrito lo que sucede cuando, mediante la técnica adhesiva clásica se secaban profusamente la dentina y el esmalte para eliminar toda la humedad posible. En el esmalte aparecía una superficie de color blanco tiza que se toma como referencia un correcto grabado ácido, pero en la dentina, las fibras de colágeno dejan de flotar en el agua y se colapsan formando una capa

superficial de colágeno muy compactado que dificulta aún más la difusión del adhesivo^{1,36,37}.

c. Capacidad de difusión intrínseca de los adhesivos: Esta va a depender fundamentalmente del peso molecular de los monómeros del adhesivo y por tanto de su composición química^{30,34,38}. Va a adquirir especial relevancia también la presencia de nanorelleno en la composición del adhesivo que por un lado mejorará sus propiedades mecánicas, pero por otro dificulta la correcta difusión al reducir la fluidez del adhesivo.

d. Humedad: La humedad del sustrato dentinario, ha sido uno de los principales inconvenientes para el desarrollo de las nuevas técnicas adhesivas, ya que la mayoría de las resinas que existían tenían carácter hidrofóbico. La búsqueda de una mayor penetración en el sustrato dentinario intentando aprovechar precisamente esa presencia de agua llevó al desarrollo de resinas hidrofóbicas y con ellas a la descripción de la técnica húmeda por Kancay cols. y Gwinnett y cols, en 1992^{39,40}. Esta técnica trata de aprovechar el agua, como elemento que mantienen las fibras de colágeno erguidas, para conseguir una mejor unión entre colágeno y adhesivo.

e. Tiempo: Este es uno de los factores más importantes para conseguir una adecuada adhesión y es un factor olvidado en la mayoría de los casos. Para que se produzca una buena impregnación del colágeno y unos “tags” de longitud adecuada es necesario que el adhesivo esté colocado el tiempo suficiente sobre el sustrato sin que lo sequemos o lo polimericemos. La mayoría de fabricantes de adhesivos recomiendan unos 15 segundos para conseguir que estos interactúen adecuadamente con el sustrato. La técnica húmeda parece la más adecuada actualmente para conseguir los mejores resultados en lo que a fuerza adhesiva se refiere, pero esta técnica no está exenta de inconvenientes que derivan fundamentalmente de su complejidad técnica y en concreto de la dificultad que supone mantener el equilibrio hídrico correcto^{39,40}.

La superficie dentinaria es intrínsecamente húmeda, no debe estar ni seca ni mojada sino húmeda y además esta humedad debe estar homogéneamente repartida por toda la superficie y esto es claramente imposible pues, necesitaríamos cavidades ideales sin rincones para conseguir una distribución uniforme del agua.

f. Tipo de dentina: Sabemos que la estructura de la dentina sana es muy distinta si se trata de dentina superficial o dentina profunda, mientras la superficial tiene menor número de

túbulos y de menor diámetro, presentando una importante superficie de dentina intertubular, la profunda, presenta un número superior de túbulos de mucho mayor diámetro, con lo que la dentina intertubular queda claramente reducida, estas diferencias influyen en la calidad de la adhesión⁴¹.

Por lo tanto se debe potenciar con la técnica adhesiva, el mecanismo adhesivo más favorable para el sustrato que se presente, es decir, en la dentina superficial funcionarían mejor adhesivos que formen una inmejorable capa híbrida (por ejemplo los grabado y lavado, no los autograbantes que forman una capa híbrida más débil), mientras que en dentina profunda sin olvidar la capa híbrida pueden funcionar mejor adhesivos que formen buenos tags de resina (por ejemplo los que llevan relleno inorgánico).

2. Adecuado grosor de la capa de adhesivo

El exceso o defecto de humedad son de gran importancia en el resultado final de nuestra capa híbrida y en la nanofiltración que se produce a través de la misma. En el equilibrio hídrico van a tener gran importancia el aislamiento que realicemos sobre la pieza dental a tratar y el vehículo (solvente) que presenta el adhesivo para penetrar en el colágeno. La humedad que llega al sustrato dentinario una vez tratado proviene del aporte externo que hacemos al lavar el ácido y de los túbulos dentinarios que presentan un flujo continuo positivo de fluido dentinario debido a la presión hidrostática positiva de la cámara pulpar.

Si secamos en exceso la superficie dentinaria las fibras colágenas se colapsan y el adhesivo no es capaz de infiltrar hasta la dentina mineralizada, si por el contrario dejamos la superficie dentinaria con exceso de humedad el adhesivo se disuelve y no adquiere la consistencia adecuada, además se forman en el espesor de la capa híbrida acúmulos de agua en forma de gota que no se infiltran por la resina, son los llamados cuerpos hibroides^{42, 43}.

En estos fenómenos influyen de manera importante el solvente que presentan los sistemas adhesivos.

Actualmente son 3 los solventes más utilizados en los sistemas adhesivos:

Acetona: Es un solvente que se evapora con mucha facilidad y consigue eliminar por evaporación el exceso de agua si este no es muy importante, es el solvente ideal en condiciones de exceso de agua. Sin embargo es incapaz de reflatar las fibras colágenas colapsadas cuando el sustrato está más seco. Es el peor solvente en situaciones de dentina seca.

Agua: Es lo mismo que encontramos sobre la superficie dentinaria, funciona mal en situaciones de exceso de agua, pero es el mejor en casos de dentina seca, ya que es el único que ha demostrado ser capaz de reflatar las fibras de colágeno y por tanto es el único útil en dentina seca⁴⁴.

Etanol: Es un alcohol y por tanto bastante volátil pero no tanto como la acetona, su comportamiento es intermedio entre los dos anteriores. Otro inconveniente es el almacenamiento de estos materiales, es más delicado cuanto más volátil es el solvente. Si se deja abierto el frasco de adhesivo durante la aplicación del mismo, se va evaporando el solvente y la composición del adhesivo va variando desde que se abre el frasco a las últimas aplicaciones que hacemos con él, esto es más importante en los que llevan acetona como solvente⁴⁵.

Capítulo V “Test de microtracción”

I. Test de microtracción para evaluación de los sistemas adhesivos

En odontología la prueba de microtracción se ha aplicado extensivamente para medir la fuerza de unión de la interfase diente-material, así como también la fuerza de unión de distintos materiales a distintos sustratos dentales⁴⁶.

Desarrollo de la técnica de microtracción

El test de microtracción fue descrito por primera vez por Sano y cols. (1994), estudio en el cual se observó una relación inversamente proporcional entre la resistencia adhesiva y la superficie del área adherida, demostrando la utilidad de este nuevo test de resistencia adhesiva, que presenta predominantemente fallas de tipo adhesivo en áreas menores (0.5

- 2 mm²), permitiendo un análisis real de la resistencia de unión entre el material y la estructura dentinaria⁴⁷.

La interpretación de los resultados de los test de microtracción se basan en la teoría de Griffith (1920) que demostró que la resistencia cohesiva de los cuerpos disminuye con el aumento del volumen del área de sección transversal, eso se debe a que los especímenes de mayores dimensiones contienen más defectos estructurales que los de menor área⁴⁸.

La interfase adhesiva no es uniforme debido a irregularidades de superficie, presencia de burbujas y variaciones del procedimiento al aplicar el adhesivo. La menor resistencia adhesiva encontrada en áreas adhesivas mayores se debe a que presenta una mayor cantidad de defectos, tanto en interfase y en los sustratos, determinando puntos de concentración y propagación de tensiones que causan fallas de unión en valores inferiores⁴⁷.

La distribución más uniforme de la tensión que ocurre en los especímenes de microtracción tiene también una influencia en la variación más baja de los datos recogidos con este método, con respecto a los test convencionales^{48, 49}

Descripción de la técnica

En una prueba de microtracción, el procedimiento adhesivo se realiza entre diferentes sustratos y materiales, para así obtener una muestra que se secciona verticalmente en una serie de bastones de milímetros de grosor por medio de un disco de diamante refrigerado, obteniendo los especímenes correspondientes (Inoue y cols., 1999).⁵⁰

Existen tres diseños de formas de especímenes: vara rectangular, pesa y reloj de arena. Utilizando un análisis de elemento finito, para conocer la distribución del estrés de las pruebas de fuerza de adhesión de microtracción, sus resultados indicaron que no existen diferencias en los resultados de los test de microtracción al utilizar cualquiera de los tres diseños (Inoue y cols., 1999).⁵⁰

Debido a la facilidad de Construcción se prefiere el diseño en forma de varilla. Sin embargo, también es importante mencionar que cualquier variación en el diseño, inclusive

micrométricas, hacen variar la distribución del estrés, lo cual, podría producir diferencias entre los resultados de uno u otro estudio.

Después de que especímenes son obtenidos para microtracción, se mide en sección transversal, y después se cargan previos a la tracción en una plantilla capaz de transmitir fuerzas puramente extensibles, sin ningún componente torsional.⁵¹

En este estudio se utilizó la Micro TensileTester (ref. T-61010) 110/220 Volts. (BISCO, Inc. 1100w. Irving Park Rd. Schaumburg), debido a que la mesa de prueba de esta máquina está libre de movimientos laterales que puedan producir fuerzas torsionales.⁴⁸

HIPOTESIS

Los valores de resistencia adhesiva microtraccional son mayores al utilizar sistema adhesivo single bond Universal bajo protocolo grabado lavado versus protocolo autograbante.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Comparar los valores de resistencia microtraccional al realizar restauraciones directas de resina cuando se utiliza un mismo sistema adhesivo con protocolo grabado-lavado y autograbante.

Objetivos Específicos:

1. Determinar los valores de resistencia adhesiva microtraccional, al realizar restauraciones directas de resina, aplicando protocolo adhesivo grabado-lavado con adhesivo single bond universal.
2. Determinar los valores de resistencia adhesiva microtraccional, al realizar restauraciones directas de resina, aplicando protocolo adhesivo autograbante con sistema adhesivo single bond universal.
3. Determinar el tipo de falla adhesivo para cada cuerpo microtraccionado.

MATERIALES Y METODOS

Tipo de estudio:

Experimental prospectivo transversal.

CRITERIOS DE INCLUSION Y EXCLUSION:

Inclusión: Terceros molares incluidos, con indicación de extracción, formación coronoradicular completa, sin malformaciones dentarias.

Exclusión: Terceros molares que presenten formación coronoradicular incompleta, que presenten mal formaciones, que hayan estado en contacto con el medio oral o que presenten algún tipo de lesión.

Variables:

Tabla 1. Exposición de variables

Nombre de la variable	Definición operacional	Escala de medición	Clasificación
Resistencia adhesiva microtraccional, aplicando técnica adhesiva grabado-lavado con adhesivo single bond universal	Fuerza utilizada para separar el bloque diente-restauración en los cuerpos de prueba que se aplicó técnica grabado-lavado con adhesivo single bond universal	Escala numérica: Fuerza expresada en N	Independiente Simple Cuantitativa
Resistencia adhesiva microtraccional,	Fuerza utilizada para separar el bloque diente-	Escala numérica:	Independiente

aplicando técnica adhesiva autograbante con adhesivo single bond universal	restauración en los cuerpos de prueba que se aplicó técnica autograbado con adhesivo single bond universal	Fuerza expresada en N	Simple Cuantitativa
Tipo de falla	Zona donde se produce la separación del bloque diente restauración, pudiendo ser en la interfaz dentina-adhesivo o adhesivo-restauración	Escala nominal: dentina-adhesivo adhesión adhesivo-restauración cohesión	Dependiente Simple Cualitativa

Metodología:

El presente estudio será realizado en el laboratorio de Biomateriales de la Facultad de Odontología de La Universidad Andrés Bello, Sede Viña del Mar y dependencias clínicas de la Facultad de Odontología sede Santiago.

Se procederá a la recolección de 20 terceros molares incluidos con formación corono radicular completa y sin anomalías en el pabellón de la clínica odontológica universidad Andrés bello, siendo estos almacenados en formalina al 10% hasta su uso.

Para la confección de los cuerpos de prueba los dientes serán desgastados en su cara oclusal hasta llegar a la dentina a nivel del tercio medio coronario

Las muestras fueron divididas en 2 grupos de estudio, de 10 dientes cada uno. De cada grupo se obtuvieron aproximadamente 40 cuerpos de pruebas, dándonos un total de 80 muestras.

Equipo y materiales

Tabla 2. Equipos

Equipo	Fabricante
Cortadora de muestras de baja velocidad Isomet 1000, precisión saw	Buehler Lake Bluf Illinois, USA
Maquina Microtraccional Micro TensileTester	Bisco, Inc. 1100 w. Irving Park Rd, Shaumburg.
Lampara de fotocuradoColtolux® LED, 1000 mW/cm ²	Coltene/Whaledent, Switzerland.
Lupa estereoscópica binocular con zoom JapanOptical-Modelo XTL-101	Arquimed, Santiago-Chile

Tabla 3. Materiales

Material	Fabricante
Lentes de protección	
Mascarilla desechable	
Guantes de Latex	
Alcohol Desnaturalizado 70°	Hofsaline, Santiago-Chile
Gasa Estéril	Cranberry®, Reutter S.A., Santiago-Chile
Ácido ostofosforico al 35% Scotchbond®Gel Grabador	3M ESPE, St. Paul, MN, USA
Acrílico de Autocurado	Marche, Chile
Gel de Glicerina pura	Farmacéutica MedcellLtda., Colina, Santiago-Chile
Sistema de adhesivos para fijación de muestras La gotita®	Akapol S.A., Argentina
Silicona de adhesión Express® STD (Material pesado)	3M ESPE, St Paul, MN, USA
Sistema adhesivo single bond universal.	3M ESPE, St Paul, MN, USA
resina compuesta Filtek® Z250	3M ESPE, St Paul, MN, USA
Formalina al 10%	

Muestreo:

El estudio experimental in Vitro se realizara sobre una muestra de 20 terceros molares incluidos, con indicación de extracción, formación coronoradicular completa, sin malformaciones dentarias (Amelogénesis o Dentinogénesis imperfecta), ya que esto nos permitirá estandarizar la muestra para ambos grupos.

Los dientes serán obtenidos de aquellos pacientes sometidos a cirugía de desinclusión de terceros molares en el pabellón de la Facultad de Odontología de la Universidad Andrés Bello.

Los dientes serán almacenados en formalina al 10%, desde la exodoncia hasta la preparación de los cuerpos de prueba, obteniéndose aproximadamente entre 6 y 8 cuerpos de prueba por diente y se realizara la remoción de todo el material orgánico excedente mediante el uso de una cureta periodontal.

El tamaño de la muestra se determinó mediante el criterio de significancia estadística. Un tamaño muestral, estadísticamente significativo, es aquel que determina que una relación entre las variables no es probable que haya ocurrido al azar. El tamaño mínimo de la muestra dependerá de cuanto se desvía la distribución de la población de una distribución normal. Tamaños de muestra de 15 a 30 son aptos si la población parece tener una distribución que se acerca a la normal, en caso contrario se necesitan muestras de 50 o más. Con un tamaño de muestra igual a 30, la forma de la distribución de los coeficientes de correlación de la muestra es prácticamente idéntica a la de una distribución normal, donde solo el 0,5% de los valores de la muestra se desviara desde cero hasta un $\pm 0,5$. Por lo que se justifica el tamaño de la muestra resultando estadísticamente significativo⁵².



Figura 1. Eliminación de material orgánico de molares.

Confección de los cuerpos de prueba y descripción del método

I. Preparación de cuerpos de prueba

Una vez obtenidas las muestras, se procedió a la inclusión de cada diente en un bloque de acrílico de autocurado, con la ayuda de un pequeño molde confeccionado con silicona de adición Express® STD (material pesado).



Figura 2. Secuencia de confección del bloque de acrílico, mediante un bloque de lego confeccionando un molde silicona para el cubo de acrílico;B Inclusión del diente en acrílico de autocurado (Marche).

La confección de este bloque de acrílico permite fijar los cuerpos de estudio para ser seccionados en la máquina cortadora de muestras Isomet 5000, *LinearPrecisionSaw*.

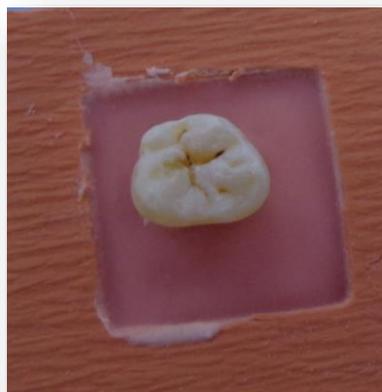


Figura 3. Diente montado en cubo de acrílico

Para la confección de los cuerpos de prueba, los dientes fueron desgastados en su cara oclusal, utilizando un disco abrasivo en una máquina recortadora de modelos bajo abundante agua, hasta llegar a dentina a nivel de la unión del tercio oclusal y tercio medio

coronario. Luego, con papel de lija de grano 400 micras se pulieron en forma manual, obteniendo una superficie dentinaria lisa y plana. Posteriormente se lavará cada diente con agua y secado con trozos de papel absorbente estéril.

Las muestras fueron distribuidas de forma aleatoria en 2 grupos de estudio, 10 dientes para cada grupo

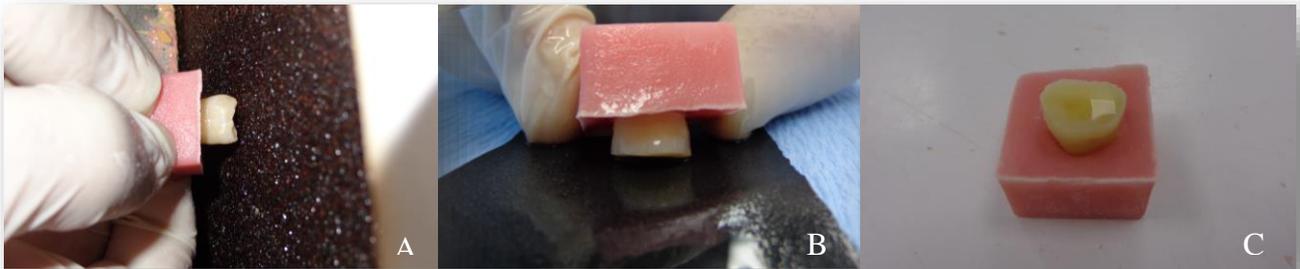


Figura 4. Recorte del cuerpo de prueba hasta una exposición dentinaria; **A** maquina recortadora; **B** pulido con papel lija; **C** muestra ya recortada en su cara oclusal

Grupo I.

Luego de haber realizado los cortes que exponen la dentina se realizará protocolo adhesivo de grabado-lavado utilizando adhesivo single bond universal, bajo las indicaciones de fabricante.

1. Grabado con ácido fosfórico al 35% sobre dentina y esmalte durante 15 segundos.
2. Enjuagar con agua aproximadamente 30 segundos.
3. Secado con aire suavemente durante unos 3 segundos con cuidado de no desecar la dentina.
4. Aplicar una gota de Single Bond Universal en las superficies de esmalte y dentina grabadas.
5. Frotar por 20 segundos.
6. Secar ligeramente con aire por 5 segundos para obtener una capa uniforme.
7. Fotopolimerizar con lámpara de foto curado Colotolux® LED 1000mW/cm², por 10 segundos.

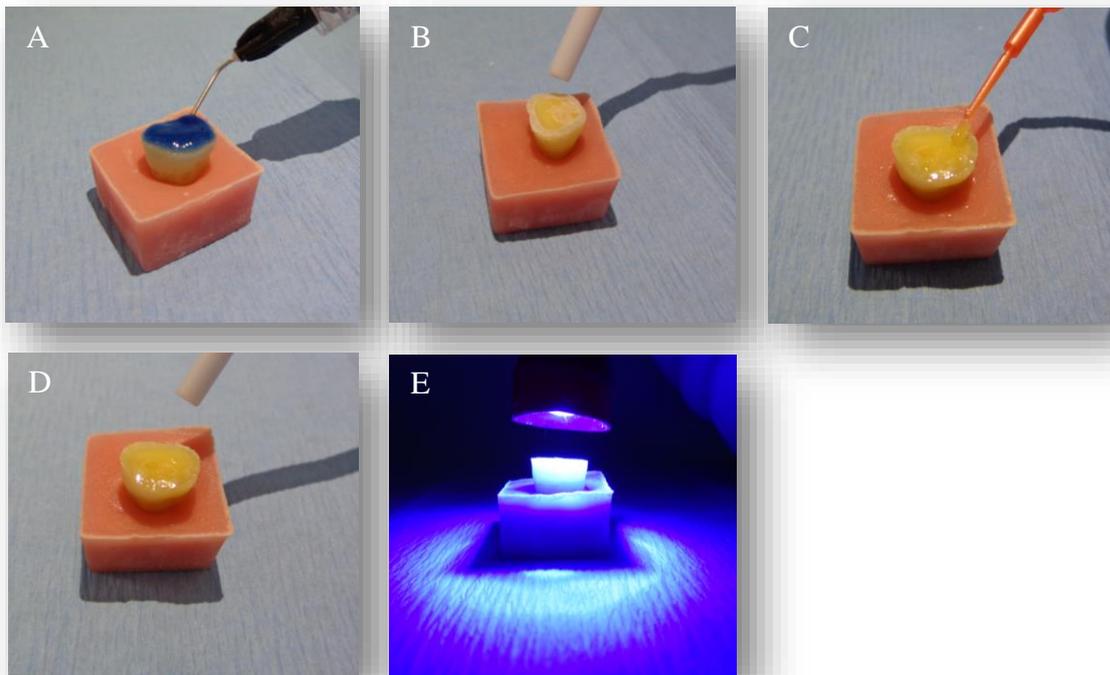


Figura 5. Aplicación de sistema adhesivo Single bond universal con protocolo grabado-lavado. **A** grabado ácido de la muestra; **B** Lavado y secado de la muestra; **C** Aplicación del adhesivo; **D** Aplicación ligera de aire para obtener una capa uniforme de adhesivo; **E** Fotopolimerización de adhesivo

Grupo II.

Luego de haber realizado los cortes que exponen la dentina se realizará protocolo adhesivo de autograbado, utilizando adhesivo single bond universal, bajo las indicaciones del fabricante.

1. Aplicar una gota de Single Bond Universal en la superficies de esmalte y dentina sin grabar
2. Frotar por 20 segundos.
3. Secar ligeramente con aire por 5 segundos para obtener una capa uniforme.
4. Fotopolimerizar con lámpara de fotocurado Colotolux® LED 1000mW/cm², por 10 segundos

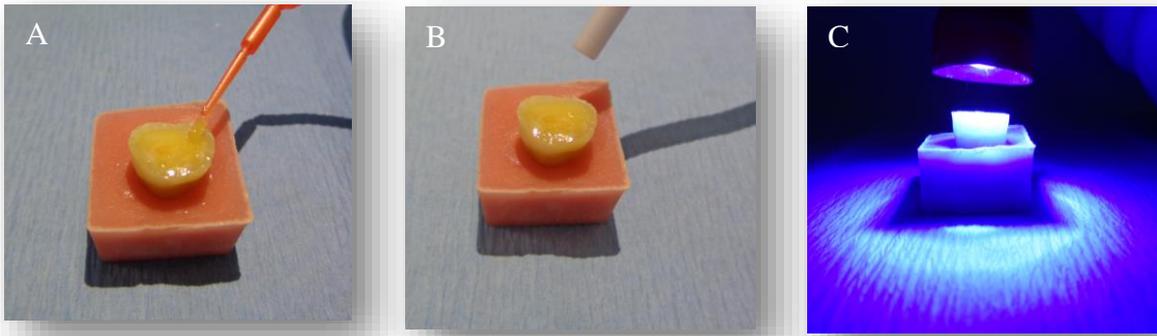


Figura 6. Aplicación de sistema adhesivo Single bond universal con protocolo autograbante. **A** Aplicación del adhesivo; **B** Aplicación ligera de aire para obtener una capa uniforme de adhesivo; **C** Fotopolimerización de adhesivo

Luego de realizado el protocolo adhesivo de cada grupo según las indicaciones del fabricante, se procederá a realizar la restauración directa con resina compuesta filtek z250, polimerizando cada incremento con lámpara de fotocurado Colotolux® LED 1000mW/cm², por 20 segundos a 1 cm de distancia.

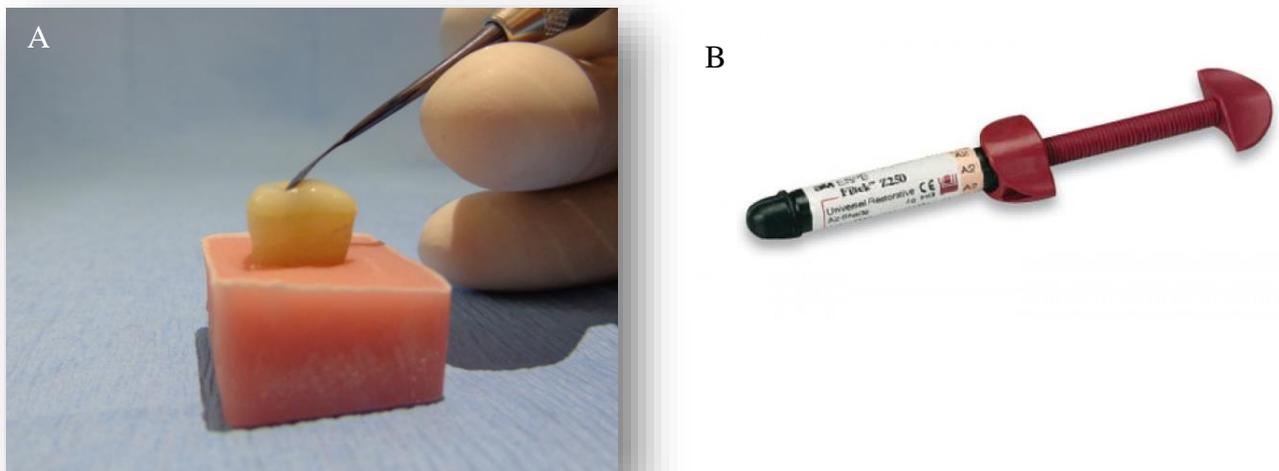


Figura 7. Reconstrucción de la muestra con resina compuesta. **A** aplicación de resina compuesta; **B** resina compuesta Filtek Z250.

II. Obtención de los cuerpos de prueba:

Posteriormente, las muestras serán cortadas en sentido axial utilizando una maquina cortadora de muestras de baja velocidad (isomet 100 precision saw, lakebluffillinois, usa), para obtener cuerpos de prueba de vara rectangular de 8 mm de largo (4 mm de material restaurador y 4 mm de tejido dentario), por 1mm de ancho y 1 mm de alto, hasta obtener un total aproximado de 80 muestras por cada grupo de estudio.

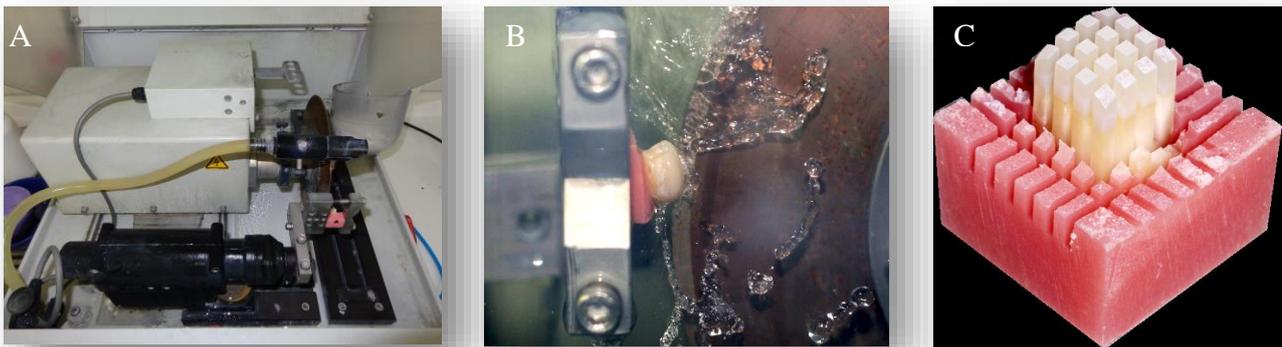


Figura 8. A maquina isomet; B confeccion de cortes axiales en los dientes; C diente cortado en sentido axial.

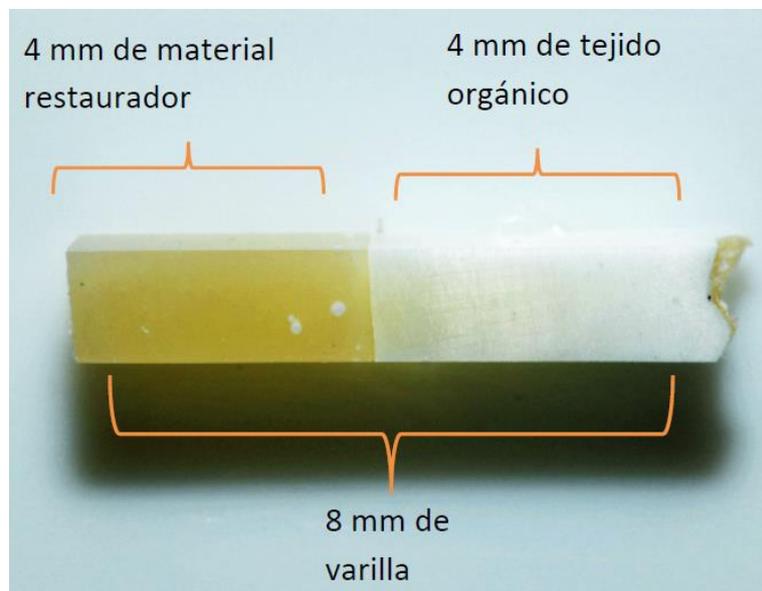


Figura 9. Medida de las varillas de prueba.

Test de microtracción.

Finalmente, los cuerpos de prueba serán sometidos a pruebas de microtracción de carga continua, para evaluar y registrar la carga de falla en cada caso. Para esto se utilizó una máquina Microtraccional Micro TensileTester.

1. Se dispusieron las mordazas de montaje de la máquina de microtracción (Micro TensileTester, Bisco, inc. Irving Park, RD, Schaumburg) sobre una superficie plana y se cerraron de manera que quedaran juntas.
2. En cada mordaza se dispuso una gota del pegamento a base de cianocrilato (La gotita®) en la zona de montaje.
3. Con una pinza se tomó la muestra desde la interfaz y se colocó en las mordazas, dejándola paralela a la dirección de las llaves del bloque de prueba para eliminar tensiones oblicuas. La interfaz se ubicó sobre la unión de las mordazas.
4. El cuerpo de prueba se posicionó deslizando los acoplamientos sobre los pernos fijos de la máquina de microtracción.
5. Se presionó el botón ON/ZERO, para borrar el último registro y resetear el indicador de fuerza a cero.
6. Se presionó el botón START por 2 segundos para iniciar la prueba, se dejó actuar a la máquina hasta la fractura de la muestra.
7. Una vez fracturada la muestra se colocaba la máquina en reversa y se esperará que llegue al punto de inicio, para extraer el bloque de prueba.
8. Al retirar la muestra fue inspeccionada para verificar el tipo de falla, si esta era adhesiva o cohesiva a nivel de la dentina o restauración.
9. Las mordazas usadas eran limpiadas para eliminar restos del cuerpo de prueba y así poder montar otra muestra.
10. Se procedió de la misma forma hasta obtener un total aproximado de 40 muestras testeadas por cada grupo de estudio.



Figura 10. Máquina de microtraccion, Micro Tensile Tester.

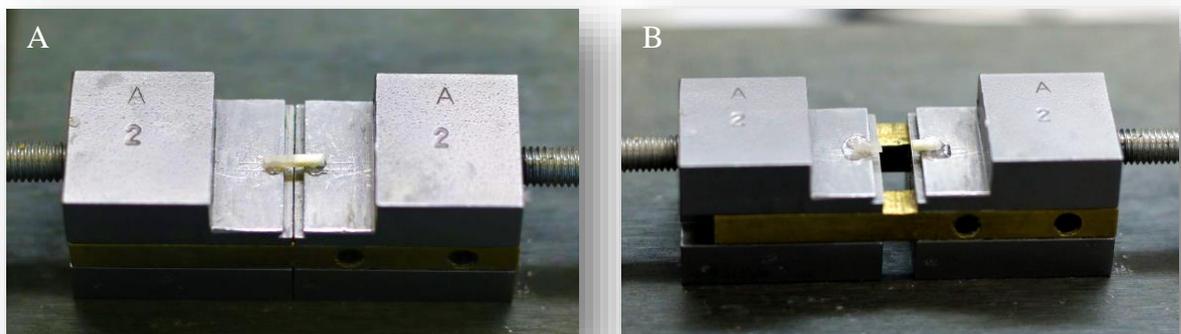


Figura 11. A cuerpo de prueba montado en la máquina de microtraccion; B cuerpo de prueba traccionado.

Recolección de datos:

Los datos serán recolectados en una plantilla de datos simple, formato Microsoft Word®. Por cada cuerpo de prueba se registrará el valor de la falla adhesiva, también se registrara el tipo de falla adhesiva.

Con la máquina de microtracción utilizada, el resultado es entregado en Newton, pero como los cuerpos de prueba tienen una superficie adhesiva de 1 mm², no será necesario realizar una conversión a Megapascals para realizar los cálculos, ya que según siguiente fórmula:

$$1\text{Mpa} = 1 \text{ N/mm}^2.$$

RESULTADOS

El análisis estadístico contempló la descripción de la variable “Fuerza N” que representa a la resistencia adhesiva microtraccional en dentina, expresada en Newton (N).

En la tabla número 2 se observan las medidas de resumen para las fuerzas de resistencia adhesiva según ambas técnicas. La técnica convencional muestra una media de 27,06 N, una desviación estándar de 75,59 N, siendo un mínimo de 11,2 N y un máximo de 47,2 N. La técnica autograbante muestra una media de 22,55 N, una desviación estándar de 88,07, siendo un mínimo de 11,6 N y un máximo de 49,7 N.

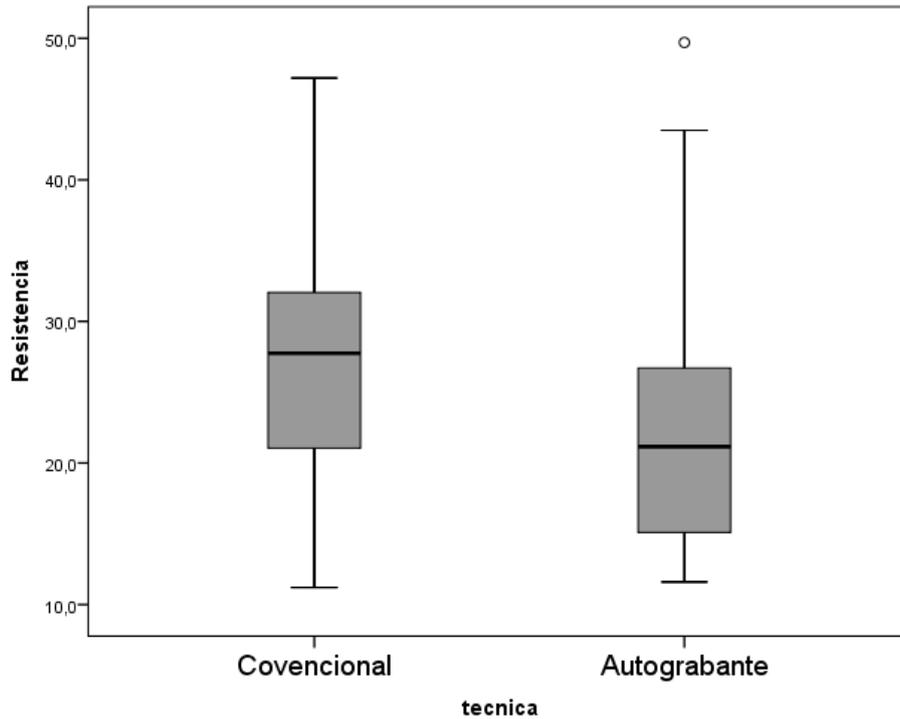
Tabla 4. Medidas de resumen para las fuerzas de Resistencia adhesiva según ambas técnicas.

		Intervalo de confianza (95%)					
	Media	L. Inferior	L. Superior	Desv.est	Mediana	Min	Max
Convencional	27,057	24,758	29,355	75.598	27,75	11,2	47,2
Autograbante	22,553	19,736	25,369	88.070	21,15	11,6	49,7

La figura 1 muestra la distribución de los resultados de la resistencia según ambas técnicas, las pruebas de normalidad nos muestran que ambas técnicas presentan una distribución normal, dado que el P valor es mayor que 0,05

El valor de P obtenido en la Prueba T- student comparación de medias es menor a 0,05, por lo que hay diferencias estadísticas entre ambas técnicas.

Gráfico 1. Gráfico de caja y bigotes, representando los valores obtenidos por técnica.



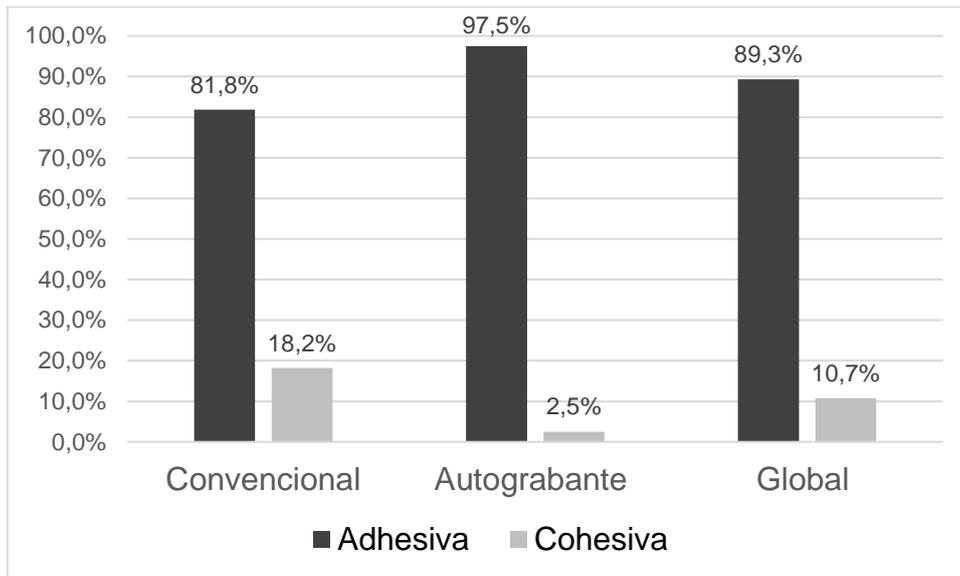
- Test de normalidad de Kolmogrov- Smirnov, tecnica convencional P valor de 0,2
- Test de normalidad de Kolmogrov- Smirnov, autograbante P valor de 0,18

El gráfico número 2 muestra la distribución del tipo de falla según técnica y de manera global, siendo un 89,3% del total de las muestras fallas adhesivas y un 10,7% fallas cohesivas

La mayor cantidad de fallas cohesivas se observó en el grupo donde se ocupó el protocolo adhesivo grabado-lavado con un 18,2%, por el contrario al utilizar el protocolo autograbante se observó un 2,5% de fallas cohesivas.

En el gráfico 2 se observa que la falla adhesiva en la técnica convencional fue de un 81,8%, mientras que en el autograbante fue 16 puntos porcentuales superiores alcanzando un 97,5%.

Grafico 2. Distribución del tipo de falla observada según grupo de estudio.



DISCUSION

Tradicionalmente los sistema adhesivo más utilizado son bajo protocolo de grabado-lavado. Actualmente casas comerciales han simplificado los pasos permitiéndonos contar con adhesivos universales, los cuales presentan en una sola botella el ácido, primer y adhesivo. Dado lo anterior en este estudio se buscó comparar los valores de resistencia adhesiva microtraccional en dentina otorgados por ambos protocolos, bajo protocolo de grabado-lavado y como autograbante.

Actualmente se ha propuesto que el uso de adhesivos universales, como por ejemplo *Single Bond Universal*® podrían ser utilizados tanto con protocolo grabado-lavado como autograbante.

Para evaluar la resistencia adhesiva microtraccional que presenta el sistema adhesivo *Single Bond Universal*® al realizar una restauración de resina compuesta se dividieron 2 grupos de estudio. En grupo 1 se realiza protocolo de grabado acido convencional y en grupo 2 se realizó protocolo autograbante.

En el primer grupo se realizó acondicionamiento previo de la superficie dentaria mediante grabado con ácido ortofosforico al 35 % previo a la aplicación de adhesivo, en donde se obtuvo un valor promedio de resistencia adhesiva a la fuerza de microtraccion de 27,06 N, mientras que en el segundo grupo de estudio se utilizó la técnica de autograbado, con el cual se obtuvo un valor promedio de 22,55 N, demostrando una diferencia estadísticamente significativa, ya que se obtuvo un p menor a 0.05.

Al evaluar los resultados obtenidos, la técnica adhesiva que obtuvo los mayores valores de microtracción fue en la que se utilizó un protocolo de grabado-lavado, lo que confirma la hipótesis planteada.

En una investigación realizada por Wagner A, Wendler M, Petschelt A y cols (2014) en donde se comparó la resistencia adhesiva a la microtensión y la penetración de resina⁵³ en dentina en adhesivos universales (Futurabond Universal, Scotchbond Universal Adhesive y All-Bond Universal) bajo protocolo de grabado ácido total y autograbado, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar ambas técnicas.

En otra investigación realizada por Lizbeth Barajas de la Vega, Federico Barceló se comparó la adhesión a dentina por medio de resistencia al desalojo por empuje entre sistemas adhesivo de grabado-lavado y sistema adhesivo autograbante, se concluyó que no existió diferencia estadísticamente significativa entre el sistema adhesivo autograbante AdheSE (26.8 MPa) y el con grabado ácido Single Bond (25.6 MPa) ⁵⁴.

Al analizar los resultados se obtuvo un 81.8% de fallas adhesivas bajo protocolo grabado-lavado y un 97.5% bajo protocolo autograbante, lo que se puede traducir al ejercicio clínico en eventuales brechas marginales, desalojo de obturaciones, sensibilidad post operatoria, caries marginal entre otras.

Los resultados de nuestra investigación no son concordantes con lo expuesto anteriormente, esto puede deberse a diferencias en el tipo de corte, protocolos indicados por el fabricante y manipulación clínica, ya que la técnica convencional al tener una mayor cantidad de pasos, aumenta la posibilidad de acumulación de errores, lo que puede llegar a generar diferencias en los resultados.

CONCLUSIONES

De acuerdo a la metodología utilizada en este estudio y a los resultados obtenidos, se puede concluir que:

1. Las restauraciones de resina compuesta realizadas con el sistema adhesivo Single bond universal bajo el protocolo convencional de grabado-lavado según las recomendaciones del fabricante, registraron los mayores valores de resistencia adhesiva microtraccional, teniendo un promedio de 27.06 N y la media más baja se vio en el sistema adhesivo autograbante con un promedio de 22,55 N.
2. Al comparar los resultados obtenidos entre los 2 grupos en estudio la diferencia de los valores obtenidos es estadísticamente significativa.
3. Dentro de protocolo de grabado ácido convencional, la mayor cantidad de fallas que se encontraron corresponden a fallas adhesivas, con un 81.8%, el porcentaje restante corresponde a fallas cohesivas con un 18.2 %.
4. De igual manera en el grupo que se utilizó el protocolo autograbante, el mayor porcentaje también corresponde a fallas adhesivas con un 97.5 %, quedando un porcentaje restante de un 2.5 % correspondiente a las fallas cohesivas.

SUGERENCIAS

- Se recomienda aumentar el número de muestras por grupos, con el fin de acrecentar el universo.
- Comparar protocolos adhesivos con otras marcas comerciales.
- Realizar este protocolo en dientes con dentina esclerótica para ver el comportamiento de estos sistemas adhesivos, ya que simula las condiciones clínicas.
- Analizar los cuerpos de prueba en microscopía electrónica de barrido para obtener resultados más certeros en el tipo de falla de cada sistema adhesivo.

BIBLIOGRAFIA

1. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res* 1982; 16:265–273
2. Nakabayashi N, Nakamura M, Yasuda N. Hybrid layer as a dentinbonding mechanism. *J Esthet Dent* 1991; 3:133–138
3. Barrancos M. “Operatoria Dental” 4ta Edición, Editorial Panamericana. 2006; p 297 Cap. 18 “Cariología”, p 94 Cap. 42 “Restauraciones”, p 567- 578; 657-690 Cap 17, 21
4. Lin CP, Douglas WH. Structure-property relations and crack resistance at the bovine dentin-enamel junction. *J Dent Res* 1994; 73:1072–1078.
5. Báez A, “Clasificación de los Sistemas Adhesivos”, Facultad de Odontología, UNAB, Viña del Mar, 2004.
6. Magne P, Douglas WH. Porcelain veneers: dentin bonding optimization and biomimetic recovery of the crown. *Int J Prosthodont* 1999; 12:111–121.
7. Vitor José Glaziou Tavares, “influencia del envejecimiento, por inmersión en agua destilada, en la resistencia adhesiva de diferentes sistemas dentinarios”. Tesis doctoral, Universidad de Granada Facultad de Odontología departamento de estomatología. Granda 2007
8. Henostroza G. y cols. Adhesión en odontología restauradora. 1° edición 2003. Cap. 4,5 y 11.

9. Barrancos M. "Operatoria Dental". 3º Edición. Editorial Médica Panamericana. Argentina, 1999. 1176p. Págs. 567-578, 609-634, 657-690. Cap. 17,19,21,22.
10. Alfaro C, "Estudio comparativo in Vitro de la Resistencia adhesiva de restauraciones de resina compuesta realizadas con técnica adhesiva convencional y autograbante de última generación". Trabajo de investigación requisito para optar al título de cirujano dentista. Universidad de Chile, Facultad de Odontología. 2005.
11. Bader M, Astorga C y cols. "Biomateriales Dentales" Propiedades generales. Tomo I. Primera edición. Universidad de Chile. 1996. 73 p, p 3, 4 Cap I, 49-72 Cap VI.
12. Garone F. "Adhesión en odontología restauradora". 1º ed., Curitiba: Maio; 2003. Capítulo 5, "Evolución de los sistemas adhesivos poliméricos"; 116-120.
13. Jiménez Planas, A. Llamas R. Y col. Sistemas adhesivos. J. M. De Vega (Ed): Materiales en odontología. Edic1ª Madrid Ed.Ibergráficas, S.A.1996 pag. 315-32.
14. Herrera E. "Fracasos en la adhesión", vol 21 - num 2 - 2005.
15. Scherer J., Nordenflycht D. "Sistemas adhesivos resinosos. Estado actual", Revista Visión estética vol 2 número 1, Agosto 2013. Pag 104-106.
16. SISTEMAS ADHESIVOS ADHESIVE SYSTEMS RODYB - Revista de Operatoria Dental y Biomateriales vol. 1 - n. 2, mayo/junio/julio/agosto - 2006
17. Martín Hernández J. Aspectos prácticos de la adhesión dentina. Av. Odontoestomatol 2004; 20-1: 19-32.
18. Abate PF, Rodriguez VI, Macchi RL. "Evaporation of solvent in one-bottle adhesives" J Dent 2000 Aug; 28 (6): 437-40.

19. Mandri María Natalia, Aguirre Grabre de Prieto Alicia, Zamudio María Eugenia , Adhesives systems in Restorative Dentistry. Facultad de Odontología. Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes, Argentina. Odontoestomatología / Vol. XVII. Nº 26 / Noviembre 2015.
20. Adhesives and Cements to Promote Preservation Dentistry. Vanherle, B Van Meerbeek • M Vargas • S Inoue • Y Yo s h i d a M Peumans • P Lambrechts • G. s.l. : Operative Dentistry Supplement 6, 2001.
21. 3M ESPE. “Adhesivo Single Bond Universal, Perfil técnico del producto” 2012; Pag. 8.
22. Effect of self-etching adhesives on dentin permeability in a fluid flow model. Geneviève Grégoire, DDS, MS, PhD,^a Philippe Guignes, DDS, MS, PhD,^b and Arlette Millasc. s.l. : THE JOURNAL OF PROSTHETIC DENTISTRY, 2005, Vol. VOLUME 93.
23. Scherer J., Nordenflycht D. “Sistemas adhesivos resinosos. Estado actual”, Revista Visión estética vol 2 número 1, Agosto 2013. Pag 104-106.
24. 3M ESPE. “Adhesivo Single Bond Universal, A Collection of Scientific Facts” 2012; Pag. 16 - 45.
25. Assmussen E, Munksgaarde C. “Bonding of restorative resins to dentine: Status of dentine adhesives and impact of cavity design and filling techniques”. Int Dent J 1988; 38: 97-104.
26. Fusayama T. “Factors and prevention of pulp irritation by adhesive composite resin restorations”. Quintessence Int 1997: 18 (9): 633-41.

27. Dorfer CE, Staehle HJ, Wurst MW, Duschner H, Pioch T. "The nanoleakage phenomenon: Influence of different dentin bonding agents, termocycling and etching time". *Eur J Oral Sci* 2000 Aug; 108(4): 346-51.
28. Pascal M, So W, Cascione D. Immediate dentin sealing supports delayed restoration placement. *J Prosthet Dent*. 2007; 98 (3): 166-174.
29. Eick JD, Robinson SJ, Syerley TJ et al. "Scanning transmission electron microscopy / energy-dispersive spectroscopy analysis of the dentin adhesive interface using a labeled 2hydroxyethylmethacrylate analogue". *J dent Res* 1995; 74: 1246-52.
30. Van Meerbeeck S, Inokoshi S, Sraem M, Lambrechts P, Vanherle G. "Morphological aspects of the interdiffusion zone observed with different dentin adhesive systems". *J Dent Res* 1992; 71: 1530-40.
31. NAKABAYASHI N (1982) The promotion of adhesion by de filtration of monomers into tooth substrates *Journal of Biomedical Materials Research*.
32. Tam LE, Pilliar RM. "The effect of interface stiffness on dentin-composite interfacial fracture resistance". *J Dent* 2000 sept; 28(7): 487-93.
33. Platt JA, Almeida J, Gonzalez-Cabezas C, Rhodes S, Moore SK. "The effect of double adhesive application on the shear bond strength to dentin of compomers using one-bottle adhesive systems". *Oper Dent* 2001 May- Jun; 26(3): 313-7.
34. Van Meerbeck S, Dhem A, Goret-Nicaise M, Sraem M, Lambrechts P, Vanherle G. "Comparative SEM and TEM examination of the ultrastructure of the resin-dentin interdiffusion zone. " *J Dent Res* 1993; 72: 495-501.

35. Sugizaki J. "The effect of various primers on dentin adhesion of resin composites". Jap J Conserv Dent 199; 34(1): 228-65.
36. Pashley DH, Carvalho RM. "Dentine permeability and dentine adhesion". J Dent 1997; 25(5): 355-72.
37. Sano H, Takatsu T, Ciutcchi S et al. "Nanoleakage: leakage within the hybrid layer", Oper Dent 1995; 20 (1): 18-25.
38. Nakabayashi N. "Interpretation of monomers into dentin and their adhesion". Kokubyo Gakkai Zasshi 1984; 51(2): 447-54.
39. Kanca J. "Resin bonding to wet substrate 1. Bonding to dentin". Quintessence Int 1992; 23: 39-41.
40. Gwinnet AJ. "Moist versus dry dentin: its effect on shear bond strength". Am J Dent 1992; 5: 127-9.
41. Yoshikawa T, Sano H, Surrow MF, Tagami J, Pashley DH. "Effects of dentin depth and cavity configuration on bond strength". J Dent Res 1999; 78 (4): 898-905.
42. Tay FR, Gwinnet AJ, and Wei SH. "The overwet phenomenon: and optical, micromorphological study of Surface moisture in the acidconditioned, resin-dentin interface". Am J Dent 1996; 9 (1): 43-8.
43. Tay FR, Gwinnet AJ, Wei SH. "Micromorphological spectrum from overdrying to overwetting acidconditioned dentin in water-free acetonebased, single bottle primer adhesives". Dent Mater 1996; 12 (4): 236-44.
44. Perdigao J, Lambrechts P, Van Meerbeeck S, Et al. "The interaction of adhesive systems with human dentin". Am J Dent 1996; 9: 167-73.

45. Gallo Jr, Burgess JO, Xu X. "Effect of delayed application on shear bond strength of four fifthgeneration bonding systems" Oper Dent 2001 Jan- Feb; 26(1): 48-51.
46. Inoue S, Vargas MA, Abe Y, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G, Sano H, Van Meerbeek B. "Microtensile bond strength of eleven contemporary adhesives to dentin". J Adhes Dent 2001 Fall; 3(3): 237-45.
47. Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho R, Pashley DH. "Relationship between Surface área for adhesion and tensile bond strength-evaluation of a micro-tensile bond test". Dent Mater 1994 Jul; 10(4): 236-40.
48. Pashley DH, Carvalho RM, Sano H, Nakajima M, Yoshiyama M, Shono Y, Fernandes CA, Tay F. "The microtensile bond test: a review". J Adhes Dent 1999 winter; 1 (4): 299-309.
49. Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho R. "Adhesion testing of dentin bonding agents: A review". Dent Mater 1995; 11: 117-125.
50. Inoue S, Van Meerbeek B, Vargas M, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G. "Adhesion mechanism of self-etching adhesives". Advanced Adhesive Dentistry 3rd International Kuraray Symposium 1999.
51. Betamar N, Cardew G, Van Noort R. "Influence of specimen designs on the microtensile bond strength to dentin". J Adhes Dent 2007; 9: 159-168.
52. Vega C. "Estudio comparativo in vitro de la resistencia adhesiva de restauraciones de resina compuesta realizadas con single bond universal© en sus formatos de grabado acido total y autograbante". Universidad de Chile 2013 ; Pag. 27

53. Wagner A, Wendler M, Petschelt A y cols “Bonding performance of universal adhesives in different etching modes” *Journal of Dentistry, Volume 42, Issue 7, 2014*
Pages 800-807
54. Lizbeth Barajas de la Vega, Federico Barceló “Estudio comparativo de adhesión a dentina por medio de resistencia al desalojo por empuje entre sistemas con y sin grabado ácido” Vol. 11, Núm. 4 Diciembre 2007