



EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE CLORHEXIDINA AL 2% EN LA ESTABILIDAD DE LAS PROPIEDADES DE UNIÓN A DENTINA DE UN ADHESIVO UNIVERSAL EN SUS DOS ESTRATEGIAS DE APLICACIÓN *IN VITRO*

Trabajo de investigación
Requisito para optar al
Título de Cirujano Dentista

**Alumnos: Javiera Muñoz Briones
Camila Ugalde Aracena**

**Docente Guía: Prof. Dr. Rodrigo Rubio Aguilar
Cátedra de Operatoria Dental**

Valparaíso – Chile

2015

Agradecemos infinitamente a todos quienes nos apoyaron durante estos largos años de carrera, nuestras familias, amigos, pololos y profesores. Especialmente a nuestros padres por entregarnos todo lo necesario para terminar con éxito esta gran etapa.

Agradecemos también la ayuda del Dr. Miguel Muñoz y la Dra. Issis Luque, que desde el primer momento nos dieron la orientación necesaria para sacar adelante esta investigación con todas las dificultades que se presentaron.

Camila y Javiera.

ÍNDICE

| | | |
|-----|-------------------------------------------------------|----|
| I. | INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. | MARCO TEÓRICO | 3 |
| | 1. TEJIDOS DENTARIOS SUSCEPTIBLES DE ADHESIÓN | 3 |
| | .1 Esmalte | 3 |
| | a. Esmalte prismático | 3 |
| | b. Esmalte Aprismático | 4 |
| | .2 Dentina | 4 |
| | 1.2.1 Tipos de dentina | 5 |
| | a. Predentina | 5 |
| | b. Dentina del manto | 6 |
| | c. Dentina circumpulpar | 6 |
| | d. Dentina secundaria | 6 |
| | e. Dentina terciaria | 6 |
| | f. Dentina esclerótica | 6 |
| | 1. ADHESIÓN | 6 |
| | .1 Antecedentes históricos | 6 |
| | .2 Definición de adhesión | 6 |
| | .3 Componentes de los sistemas adhesivos | 7 |
| | a. Ácido grabador | 7 |
| | b. Primer | 7 |
| | c. Solvente | 7 |
| | d. Resinas hidrofóbicas | 8 |
| | .4 Clasificación de los sistemas adhesivos | 8 |
| | 2.4.1 Clasificación según evolución histórica | 8 |
| | 2.4.2 Clasificación CRA 2000 | 9 |
| | 2.4.3 Clasificación clínica | 9 |
| | .5 Adhesión a tejidos dentarios | 9 |
| | 2.5.1 Adhesión a esmalte | 10 |
| | 2.5.2 Adhesión a dentina | 11 |
| | 1. SISTEMAS ADHESIVOS Y SUS ESTRATEGIAS DE APLICACIÓN | 14 |
| | .1 Sistemas adhesivos de grabado y lavado | 14 |
| | .2 Sistemas adhesivos de autograbado | 15 |
| | .3 Sistemas adhesivos universales | 17 |
| | a. Single Bond Universal | 17 |
| | 1. FALLAS EN LA ADHESIÓN | 18 |
| | .1 Falla cohesiva | 18 |
| | .2 Falla adhesiva | 19 |
| | .3 Falla mixta | 19 |
| | .4 Falla marginal | 19 |
| | 1. DEGRADACIÓN DE LA INTERFASE DENTINA-RESINA | 20 |

| | | |
|-------|------------------------------------------------------------|----|
| 1. | CLORHEXIDINA | 21 |
| .1 | Generalidades | 21 |
| .2 | Mecanismo de acción | 22 |
| .3 | Clorhexidina y capa híbrida | 22 |
| 1. | PRUEBAS DE LABORATORIO PARA MEDIR EFECTIVIDAD ADHESIVA | 23 |
| .1 | Test de resistencia de unión a la microtracción | 23 |
| .2 | Prueba de nanoinfiltración | 24 |
| 1. | RESINAS COMPUESTAS | 24 |
| a. | Filtek Z350 | 24 |
| III. | HIPÓTESIS | 25 |
| IV. | OBJETIVO GENERAL | 25 |
| V. | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 25 |
| VI. | MATERIALES Y MÉTODO | 26 |
| 1. | DEFINICIONES CONCEPTUALES Y OPERACIONALES DE LAS VARIABLES | 26 |
| 2. | DISEÑO Y TIPO DE ESTUDIO | 27 |
| 3. | MARCO ESPACIO-TEMPORAL | 27 |
| 4. | UNIVERSO Y SELECCIÓN DE LA MUESTRA | 27 |
| 5. | CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN | 27 |
| 5.1 | Criterios de inclusión | 27 |
| 5.2 | Criterios de exclusión | 27 |
| 6. | EJECUCIÓN DEL ESTUDIO | 28 |
| 6.1 | Preparación dentaria | 28 |
| 6.2 | Diseño experimental | 28 |
| 6.3 | Restauración y preparación de especímenes | 28 |
| 7. | RECOLECCIÓN DE DATOS | 31 |
| 7.1 | Evaluación de resistencia de unión a la microtracción | 31 |
| 7.2 | Evaluación de la nanoinfiltración | 31 |
| VII. | RESULTADOS | 33 |
| 1. | RESISTENCIA A LA MICROTRACCIÓN | 33 |
| 2. | NANOINFILTRACIÓN | 39 |
| VIII. | ANÁLISIS ESTADÍSTICO | 40 |
| 1. | ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA MICROTRACCIÓN | 40 |
| 1.1 | Medición Inmediata | 40 |
| 1.2 | Medición post ciclaje con hipoclorito de sodio al 12% | 41 |
| 1.3 | Medición post ciclaje de 1 mes con agua destilada | 42 |
| 2. | ANÁLISIS DE NANOINFILTRACIÓN | 43 |
| IX. | DISCUSIÓN | 44 |
| X. | CONCLUSIONES | 47 |
| XI. | SUGERENCIAS | 48 |
| XII. | RESUMEN | 49 |
| XIII. | BIBLIOGRAFÍA | 50 |
| XIV. | ANEXOS | 56 |

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente la mayor parte de los tratamientos odontológicos directos corresponden a restauraciones adhesivas. Su mantenimiento en boca se basa principalmente en la utilización de un sistema adhesivo, que permite la unión micromecánica entre el material restaurador y la estructura dentaria, sin embargo el principal fracaso de una restauración adhesiva directa se debe a problemas en esta interfase.

El mecanismo de adhesión de los sistemas adhesivos involucra, fundamentalmente, el reemplazo de los minerales removidos del tejido dental duro por monómeros de resina, de forma que el polímero se interdigita micromecánicamente con el sustrato dental. Este procedimiento se lleva a cabo a través de una serie de etapas, que dependen del tipo de adhesivo a utilizar y están determinadas por los componentes de este sistema.

Básicamente, los sistemas adhesivos se pueden dividir en dos categorías: los sistemas adhesivos de grabado y lavado (*Etch-and-rinse*) y los sistemas adhesivos de autograbado (*Self-etch*). En relación a los primeros, la mayor desventaja es el riesgo del colapso de las fibrillas colágenas durante el secado de la dentina desmineralizada, que lleva a una disminución en la resistencia de unión. El colapso del colágeno se debe prevenir manteniendo húmeda la dentina desmineralizada, que es un desafío difícil de lograr clínicamente. De hecho, la humectación adecuada depende tanto del solvente del sistema adhesivo como de la interpretación que hace el clínico de las recomendaciones del fabricante. La incompleta impregnación de las fibrillas colágenas y la necesidad de protegerlas de los mecanismos de degradación llevó al desarrollo de la segunda categoría de sistemas adhesivos. Ésta presenta el inconveniente de una reducción de la eficacia de la adhesión a esmalte.

Últimamente se han desarrollado distintos sistemas adhesivos que buscan simplificar la técnica, para disminuir la posibilidad de cometer errores por parte del clínico y así favorecer la estabilidad de la interfase dentina-resina. Fue así como surgieron los adhesivos “Universales” o “Multimodales” que presentan características de los adhesivos de grabado y lavado y autograbantes de un paso. Dentro de estas propiedades se encuentra el riesgo de generar una zona, bajo la capa híbrida, que presenta fibrillas colágenas desmineralizadas que no han sido infiltradas por adhesivo, y la presencia de monómeros hidrofílicos que favorecen la absorción de agua. Ambos sucesos generan una inestabilidad de la capa híbrida, disminuyendo la resistencia de la unión dentina-resina, al favorecer la degradación tanto de la matriz colágena por la activación de proteasas, como de la resina adhesiva.

Estas enzimas son del grupo de las colagenasas y corresponden a las metaloproteinasas de la matriz, que tiene la capacidad de degradar cualquier matriz extracelular ante procesos fisiológicos o patológicos como podría ser la caries dental o la enfermedad periodontal. Sin embargo, también se ha observado su activación ante la utilización sistemas adhesivos ácidos, como los autograbantes o debido a la

penetración incompleta del sistema adhesivo luego del grabado ácido. La acción de estas proteasas conlleva a una hidrólisis del componente dentinario de la capa híbrida, traduciéndose en una disminución de la fuerza de unión resina-dentina en el tiempo.

Como la desintegración de la estructura polimérica es inevitable, hay otros factores involucrados en la interfase dentina-resina, que pueden ser manejados para promover una interfase más estable. En este contexto, es sabido de ciertas sustancias capaces de inhibir a las metaloproteinasas de la matriz, siendo la más utilizada la clorhexidina.

Considerando que estos nuevos sistemas adhesivos universales pretenden ser de preferencia para una gran cantidad de odontólogos, debido a que son un sistema versátil y cómodo para el uso profesional, surge la necesidad de manejar en el protocolo de aplicación de este tipo de sistema todos los factores que sean posibles para mejorar la integridad y estabilidad de las restauraciones adhesivas en el tiempo.

Entonces, ¿será la clorhexidina un elemento beneficioso dentro del protocolo de adhesión de los adhesivos universales para aumentar la longevidad de la interfase dentina-resina y se comportará de igual manera en las dos estrategias de aplicación, ya sea grabado y lavado o autograbado? A partir de esta pregunta de investigación se espera obtener resultados que avalen la posibilidad de establecer dentro del protocolo la aplicación previa de clorhexidina, en el caso de demostrarse que ella sea efectiva en relación a la mayor preservación de la capa híbrida en el tiempo y que ésta no afecta las propiedades del adhesivo. Y además sugerirán al clínico qué modalidad del adhesivo universal escoger a la hora de realizar un tratamiento restaurador adhesivo.

A partir de las conclusiones que se obtendrán de este estudio, se pretende proponer un nuevo protocolo de utilización del adhesivo universal con el objetivo de disminuir la infiltración marginal, evitar la aparición de caries secundarias y desalajo de restauraciones lo que se traduciría en un aumento de la longevidad de las restauraciones adhesivas y con ello se conseguiría mejorar la calidad de la salud bucal de los pacientes.

II. MARCO TEÓRICO

1. Tejidos Dentarios Susceptibles de Adhesión

1.1 Esmalte

Tejido acelular, avascular y aneuronal, de origen ectodérmico, altamente mineralizado, que cubre la corona dentaria, quedando su superficie externa en contacto con el medio bucal y la superficie interna en contacto con la dentina (límite amelodentinario-LAD-), protegiendo al tejido conectivo subyacente correspondiente al complejo dentino-pulpar. Esta estructura no posee la capacidad de regenerarse y al ser afectado por la desmineralización, ya sea por ataque ácido, trauma oclusal, malos hábitos o traumatismos no puede reconstituirse, teniendo sólo la capacidad de remineralizarse superficialmente¹.

Se compone en un 96% de matriz inorgánica, 3% de agua y 1% de proteínas, principalmente amelogeninas y enamelinas¹.

El espesor máximo que alcanza esta estructura es de 2 a 3 mm en cúspides de molares y premolares como también en el borde incisal de incisivos y caninos superiores. Este espesor decrece desde la región oclusal hacia cervical, alcanzando su espesor mínimo en el límite con el cemento (LAC)¹.

Dentro de las características propias del esmalte se destacan la alta dureza, escasa elasticidad, baja permeabilidad y la alta translucidez y radiopacidad¹.

a. **Esmalte Prismático**

La dureza del esmalte se debe al alto porcentaje de matriz inorgánica, compuesto principalmente por cristales de hidroxiapatita, constituidos por sales minerales cálcicas principalmente de fosfato y carbonato.

Estos cristales de hidroxiapatita forman la unidad estructural básica del esmalte que corresponden a los prismas de esmalte.

Los prismas tienen forma longitudinal de varilla, cuyo diámetro varía de 10 a 4 µm de diámetro de la superficie hacia el LAD y su longitud es un tanto mayor al espesor del esmalte, debido a su recorrido sinuoso. Transversalmente los prismas adamantinos tienen forma de ojo de cerradura, distinguiéndose la cabeza o cuerpo, el cuello y la cola (Fig.1). Estas varillas se asocian estrechamente unas con otras formando un engranaje que le confiere mayor resistencia al esmalte, donde la cabeza ubicada entre dos colas recibe las fuerzas masticatorias que las colas distribuyen y disipan¹.

La orientación de los primas en los dientes va cambiando según su ubicación en la corona. En la región cuspídea presentan una disposición perpendicular a la unión amelodentinaria, desviándose de horizontal hacia apical en la región cervical¹.

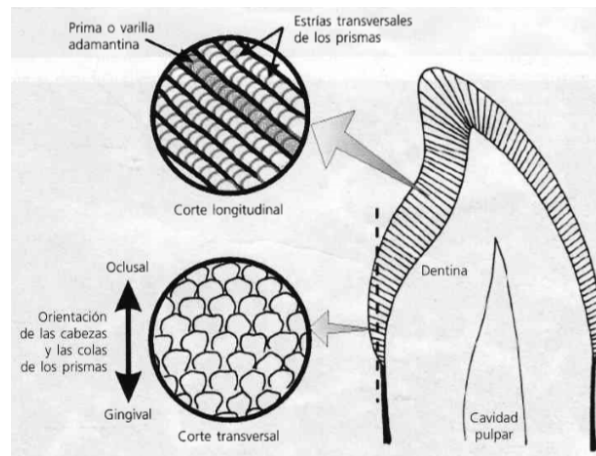


Fig. 1 Aspecto de los prismas al MO (Gómez de Ferrari, 2002).

b. Esmalte Aprismático

Se localiza en la superficie externa del esmalte prismático y se caracteriza por la ausencia de prismas de esmalte. Su espesor es descrito entre 30 a 100 μm . Se encuentra en un 70% de los dientes permanentes y se ubica principalmente en las regiones cervicales y en fisuras, y en menor medida en las superficies cuspidas¹.

La disposición de los cristales de hidroxiapatita es paralela entre ellos y perpendicular con la superficie externa.

El no poseer prismas, constituye una dificultad al momento de realizar el grabado ácido, ya que no se logra obtener las microrretenciones que se consiguen en el esmalte prismático.

1.2 Dentina

Tejido conectivo mineralizado de origen ectomesenquimático, compuesto por una matriz de fibrillas colágenas, glicosaminoglicanos, proteoglicanos y factores de crecimiento en una proporción en peso de 18%, cristales de hidroxiapatita en un 70% y por agua en un 12%².

Limita en su porción externa con el esmalte y en su porción interna con la pulpa dentaria, tejido con el que se encuentra en íntima relación, por lo que es considerado como un único complejo dentino-pulpar. Tiene como función brindar protección al órgano pulpar y a su vez otorga soporte elástico y resiliente al esmalte en la porción coronal y al cemento en la porción cervical.

Morfológicamente está formada por túbulos dentinarios que la atraviesan en todo su espesor (Fig.2) y se encuentran inmersos en una matriz mineralizada, llamada dentina intertubular (Fig.3). Estos conductos presentan su mayor diámetro y menor densidad hacia la cámara pulpar¹.

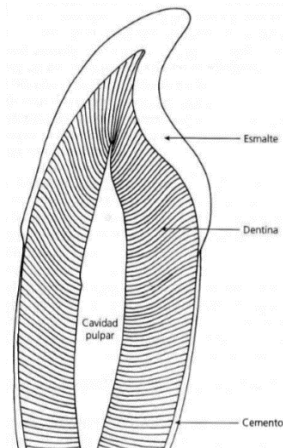


Fig.2 Recorrido de túbulos dentinarios (Gómez de Ferrari, 2002).



Fig.3 Corte longitudinal de los túbulos dentinarios (Gómez de Ferrari 2002).

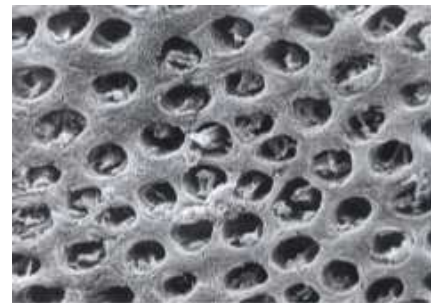


Fig.4 Corte transversal de los túbulos dentinario (Henostroza, 2010).

Al interior de los tubulillos dentinarios, se encuentran los procesos odontoblásticos, correspondientes a prolongaciones citoplasmáticas de los odontoblastos, cuyo cuerpo celular se ubica en la capa periférica de la pulpa (Fig.4). La función de estas células especializadas es la formación y mantenimiento de la dentina¹.

La dentina posee una capacidad reactiva muy superior al esmalte, ya que tiene la propiedad de neoforar sustancia calcificada como mecanismo de defensa ante diversos estímulos externos.

1.2.1 Tipos de dentina

Existen distintos tipos de dentina, que varían de acuerdo a las circunstancias fisiológicas o patológicas en que se producen. Éstas son:

- a. **Pre dentina:** es una capa no mineralizada de 20 a 30 μm que bordea la porción más interna de la dentina. Siendo una etapa previa de los otros tipos de dentina fisiológicas. Su rol consiste en mantener la integridad de la dentina, ya que a medida que se calcifica una capa de pre dentina se forma otra

inmediatamente, consecuencia de un proceso continuo que se mantiene durante toda la vida del diente¹.

- b. **Dentina del manto:** es la primera dentina sintetizada por el odontoblasto, es una capa de 20 μm de espesor que se ubica bajo el esmalte y el cemento¹.
- c. **Dentina circumpulpar:** es aquella que se produce una vez formada la dentina del manto. Corresponde al mayor volumen de dentina del diente, extendiéndose desde el manto a la predentina. Ésta en conjunto con la dentina del manto se conoce como dentina primaria¹.
- d. **Dentina secundaria:** es aquella que se produce después de que se ha completado la formación de la raíz del diente, se produce lentamente por el odontoblasto durante toda la vida del diente. Su síntesis implica la disminución progresiva del volumen de la cámara pulpar¹.
- e. **Dentina terciaria:** dentina que se forma en los sitios sometidos a un estímulo nocivo que genera la muerte del odontoblasto, estimulando la diferenciación de células mesenquimáticas de la pulpa, las cuales la sintetizan con el fin de alejar al órgano pulpar de la noxa. La calidad y cantidad de dentina dependerá de la intensidad y duración del estímulo¹.
- f. **Dentina esclerótica:** Secretada por los odontoblastos ante estímulos mantenidos de mediana o baja intensidad, como el avance de una caries. Se deposita peritubularmente, estrechando el diámetro de los túbulos dentinarios.

2. Adhesión

2.1 Antecedentes históricos

En 1949 se llevó a cabo el primer intento de adhesión por Oscar Hagger, quien patentó un producto basado en dimetacrilato del ácido glicerolfosfórico que comercializó en conjunto a una resina acrílica². Sin embargo, la base de la adhesión actual se halla en el legado de Michael Buonocure, quien planteó un tratamiento de la superficie de esmalte con ácido fosfórico al 85% para promover la adhesión aumentando la retención de los materiales, producto de la desmineralización de este sustrato.

A partir de este nuevo concepto de adhesión propuesto por Buonocure, Bowen desarrolló una resina llamada Bis-GMA, que años después fue modificada, eliminando el componente cerámico, lo que generó una resina de muy baja viscosidad, que representa la base de los actuales sistemas adhesivos².

2.2 Definición de adhesión

Según la American Society For Testing and Materials (ASTM, 1983) la adhesión es el contacto mediante el cual dos superficies de igual o distinta

naturaleza se mantienen unidas por fuerzas interfaciales, sean estas físicas, químicas o por interacción de ambas.

Este concepto aplicado a la odontología restauradora, implica la unión de biomateriales a la estructura dentaria con el fin de mantener la restauración en posición y evitar la infiltración de fluidos orales hacia el medio interno³.

Los materiales utilizados para este procedimiento forman en conjunto los denominados sistemas adhesivos, en donde cada componente cumple una función específica en la adhesión para preparar la superficie dental, mejorando el sustrato para ésta, de manera de lograr una adhesión química y/o micromecánica al diente y al material restaurador.

El principio fundamental de la adhesión a sustratos dentales está basado en un proceso de intercambio a través del cual el material inorgánico del diente es reemplazado por una resina sintética⁴.

2.3 Componentes de los Sistemas Adhesivos

- a. **Ácido Grabador:** Puede corresponder a EDTA, ácido cítrico, fosfórico, maleico, entre otros, pero el más utilizado actualmente es el ácido ortofosfórico entre 30 y 40%, a través de un grabado selectivo de 30 segundos en esmalte y 15 segundos en dentina. La principal función es conseguir la remoción del barro dentinario y la desmineralización de los tejidos dentarios³.
- b. **Primer:** está compuesto por monómeros bifuncionales, con una extremidad hidrofílica y otra hidrofóbica. Actuando como agente de enlace entre la dentina húmeda y el adhesivo propiamente tal. Dentro de estas resinas hidrofílicas se encuentran: HEMA, PENTA, TEGDA, 4-META, entre otras³.
- c. **Solvente:** sustancia incorporada en el primer que actúa como vehículo para permitir el ingreso de éste en el sustrato dental, ya que desalojan el fluido, penetran en los microporos del tejido, participan de la evaporación del agua presente y dejan los monómeros hidrofílicos en contacto con las fibrillas de colágeno. Los solventes utilizados en los diferentes sistemas adhesivos varían entre: agua, acetona y etanol³.
 - i. **Agua:** Se puede utilizar en casos de dentina seca, puesto que es el único capaz de revertir el colapso de las fibrillas de colágeno, ya que promueve la rehidratación de la dentina. Su eficacia se ve disminuida cuando existe un exceso de agua

en la dentina⁵. Es más difícil de evaporar en comparación con la acetona y el alcohol

- ii. Acetona: Es el solvente ideal en condiciones de exceso de agua, ya que debido a su volatilidad se evapora con facilidad desplazando dicho exceso. No está indicado en casos de dentina seca⁵. Debido a su fácil evaporación puede llegar a no lograrse una adecuada difusión de monómeros y puede promover una deshidratación de la dentina².
- iii. Etanol: Presenta menor volatilidad que la acetona. Se comporta de manera intermedia entre los otros dos tipos de solvente⁵.

d. **Resinas Hidrofóbicas**: Resina fluida polimerizable correspondiente al adhesivo propiamente tal, que tiene como objetivo principal permitir la unión entre la estructura dental y el material restaurador. El más utilizado es el Bis-GMA³.

2.4 Clasificación de los Sistemas Adhesivos

Existen diversas formas de clasificar los adhesivos según distintos autores, algunas se basan según el tipo de tratamiento de superficie, otras según el número de pasos empleados, otras en la cronología del desarrollo y otras según técnica clínica⁶.

2.4.1 Clasificación según evolución histórica en generaciones

- **Primera Generación**: Adhesivos de base de fosfatos y oxalatos, no consideraban el acondicionamiento en dentina. Tiene valores de adhesión muy bajo a este sustrato (2,7 MPa).
- **Segunda Generación**: también en base a fosfatos y oxalatos, se conseguía adhesión tres veces mejor en dentina, pero peor en esmalte. Valores de adhesión que no superaba los 5 MPa⁷.
- **Tercera Generación**: Se agregaron monómeros hidrófilos, principalmente HEMA, lo que permitió lograr niveles de adhesión cercanos a 10 MPa.
- **Cuarta Generación**: Se incorporó un *primer* al sistema como promotor de la adhesión, siendo ahora un sistema de tres componentes⁸. Gracias a que es un sistema de grabado total, se consiguen niveles de adhesión superiores de 25-30 MPa.
- **Quinta Generación**: Consigue los mismos valores de adhesión que la generación anterior⁴, pero se diferencia de ella en su manejo simplificado, ya que el *primer* está incorporado en el adhesivo. Excepto

en el producto Clearfill Liner Bond 2 (Kuraray) que incorporan el acondicionador con el primer en un frasco.

- **Sexta Generación:** Sistema de autograbado en dos pasos, en donde la unión de los componentes se produce sólo al momento de la aplicación.
- **Séptima Generación:** Sistema adhesivo de autograbado monofrasco.

2.4.2 Clasificación CRA 2000

- **Tipo 1:** Sistema adhesivo de tres pasos, se realiza un grabado total de la superficie dentaria con un ácido grabador, luego se lava para remover el barro dentinario, se aplica el primer a la dentina y luego el adhesivo a dentina y esmalte.
- **Tipo 2:** Sistema adhesivo de dos pasos, se realiza el grabado ácido a dentina y esmalte, se lava para promover los desechos y se aplica primer y adhesivo de manera conjunta.
- **Tipo 3:** Sistema adhesivo de dos pasos, que a diferencia del anterior utiliza un primer autoacondicionante, que no requiere lavado y luego se aplica el adhesivo.
- **Tipo 4:** Sistema adhesivo de un solo paso, se aplica el primer autoacondicionante y el adhesivo en conjunto.

2.4.3 Clasificación Clínica

Los sistemas adhesivos modernos se subdividen en dos grandes categorías:

- **Grabado y Lavado (Eliminan el barro dentinario)**
 - Grabado y lavado de tres pasos: Aplicación de ácido grabador, *primer* y adhesivo por separado.
 - Grabado y lavado de dos pasos: Aplicación de ácido grabador en un primer paso y luego *primer* en conjunto con el adhesivo.
- **Autograbantes (Disuelven e incorporan el barro dentinario)**
 - Autograbante de dos pasos: Grabador y *primer* en un único producto que no debe lavarse, seguido por la aplicación del adhesivo.
 - Autograbante de un paso: Incorpora ácido grabador, *primer* y adhesivo en un solo paso clínico.

2.5 Adhesión a tejidos dentarios

El proceso de adhesión involucra dos fases, la primera consiste en remover minerales de la superficie de esmalte y dentina para lograr la exposición de los prismas de esmalte y las fibrillas colágenas respectivamente y la segunda fase se llama hibridización, que involucra la infiltración y subsecuente polimerización *in situ*

de la resina en las microporosidades superficiales creadas previamente. Esto tiene como resultado un engranaje micromecánico, basado en la capacidad de difusión del *primer*⁹.

A pesar de que el proceso de adhesión ocurre de manera simultánea tanto en esmalte como dentina, las características disímiles de estos sustratos hacen necesario que se estudien por separado.

2.5.1 Adhesión a esmalte

Debido a la estructura altamente mineralizada del esmalte, se requiere un tratamiento de superficie previo a la aplicación del adhesivo propiamente tal. Actualmente, el tratamiento más utilizado se realiza con ácido ortofosfórico en una concentración que varía entre el 30 y 40%, que se deja actuar por un tiempo de 15 segundos, con el objetivo de formar irregularidades (Fig.5) debido a la disolución selectiva de 20 a 50 μm de su estructura superficial¹⁰, en donde los primeros 10 μm , existe una remoción total de los cristales químicamente no reactivos y de la película adquirida del biofilm dental. A través de este procedimiento se logra limpiar la superficie, aumentar la energía superficial e incrementar significativamente el área activa de adhesión².

Esta disolución genera una reducción selectiva de los prismas de esmalte, lo que se traduce en la formación de tres patrones distintos de grabado; el tipo I se caracteriza por retirar la zona del cuerpo de los prismas manteniendo intactos a los cristales de la periferia; el tipo II mantiene el cuerpo y retira los cristales del cuello, cola y zona interprismática; y el tipo III se caracteriza por una descalcificación generalizada donde no hay evidencias específicas de prismas de esmalte, lo que se traduce en potencial menor de adhesión.



Fig.5 Microporosidades en esmalte luego de grabado ácido (Alves, 2003)

Cuando se hace la aplicación de una resina fluida sobre la superficie acondicionada por ácido, va a difundir por las porosidades creadas, lo que provoca la

formación de filamentos de resina dentro de la estructura del esmalte, conocidos como *tags*¹¹.

La nueva morfología adquirida permite generar entonces una traba micromecánica entre el sistema adhesivo polimerizado y el esmalte, lo que constituye la base de la adhesión a este nivel.

La importancia de la adhesión a esmalte radica en que es un excelente sustrato en comparación con la dentina, debido a la ausencia de colágeno y agua. Esto permite lograr una capa adhesiva más estable en el tiempo, si el procedimiento es llevado a cabo correctamente, manteniendo sellado herméticamente el medio interno¹².

2.5.2 Adhesión a dentina

A diferencia del esmalte, en donde la adhesión es un procedimiento estable, previsible y clínicamente comprobado, la dentina no posee características homogéneas que favorezcan su adhesión, por lo que a este nivel se vuelve más dificultosa e impredecible.

Son muchos los factores que hay que tener en consideración para la adhesión a esta estructura. Entre estos elementos, se encuentra el contenido mineral que presenta, la disposición de los túbulos, la profundidad de la dentina tratada, la vitalidad pulpar, la humedad, el tipo de dentina y la presencia de barro dentinario o *smearlayer* (Fig.6).

El barro dentinario se define como una capa amorfa de 1 a 5 μm de espesor, formada por residuos orgánicos e inorgánicos desnaturalizados, contaminantes y bacterias, que se depositan sobre la superficie del diente tras el uso de instrumentos manuales y/o rotarios¹³. La ubicación de este barro dentinario dentro de los túbulos se conoce como *smearplug*.

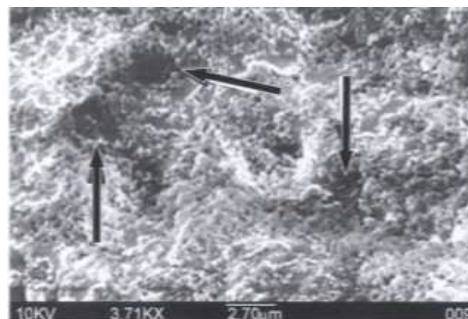


Fig.6 *Smearlayer* sobre dentina, con flechas la entrada de túbulos dentinarios (Henostroza, 2010).

El *smearlayer* y los *smearplugs* pueden reducir hasta en un 86% la permeabilidad dentinaria. Esto dificulta enormemente, e incluso puede impedir, la penetración del material resinoso en la dentina y túbulos².

A través de los años, las diferentes generaciones de sistemas adhesivos han sido desarrolladas con distintos enfoques según si se removía o no esta capa⁶.

Para los adhesivos convencionales, la adhesión a dentina demanda remover completamente el barro dentinario, por lo que se requiere el grabado de la superficie dentinaria con acondicionamiento ácido, que resulta en la desmineralización superficial de la dentina aumentando el diámetro de los túbulos, así como la permeabilidad de la dentina y la presión intrapulpar, exponiendo un tejido conjuntivo débil rico en fibrillas colágenas (Fig.7). Esta modificación en el sustrato se traduce en una menor energía libre superficial, lo que implica una menor capacidad de interacción con los monómeros resinosos hidrofóbicos¹⁴. La exposición del sustrato dentinario intrínsecamente húmedo y superficialmente desnaturalizado es propicia para la adhesión micromecánica de monómeros hidrofílicos².



Fig.7 Superficie dentinaria luego del grabado con ácido ortofosfórico al 35% (Alves, 2003).

La adhesión a este nivel entonces se conseguirá con la infiltración y polimerización de una resina en la red de fibrillas colágenas y túbulos dentinarios expuestos, creando una nueva estructura mixta descrita por Nakabayashi como capa híbrida (Fig.8)^{9,15}.

Ésta capa híbrida tiene como función sellar la dentina, prevenir la sensibilidad post-operatoria y caries secundaria, y podría actuar como un amortiguador que compensa las tensiones generadas por la polimerización de la resina compuesta¹⁵.



Fig.8 Interfaz adhesiva entre la resina compuesta (RC), capa híbrida (CH) y dentina, que fue retirada para la visualización de *tags* de resina (Alves, 2003).

Cuando ocurre la formación de la capa híbrida, se transforma en ácido resistente, aumenta la fuerza de unión entre las resinas compuestas y la estructura dental, además de reducir el fenómeno de microinfiltración¹¹.

La dentina es un sustrato permeable intrínsecamente húmedo y heterogéneo. La permeabilidad es el resultado de su estructura tubular¹¹.

El manejo de la humedad de la dentina es crítico, debido a que un secado excesivo del sustrato podría generar el colapso de las fibrillas de colágeno desmineralizadas y por otro lado, dejar exceso de agua también tendría un efecto negativo en la infiltración del adhesivo, pues actúa como barrera física impidiendo la penetración de éste, lo que puede causar la dilución del material, dificultando su polimerización al interior de la capa híbrida¹⁶. Asimismo, el exceso de agua puede reducir el grado de conversión de monómeros a polímeros¹⁷. Al existir capas adhesivas menos polimerizadas, tenderán a absorber más agua a lo largo del tiempo y por consecuencia serán más susceptibles a degradación¹⁴.

Durante el proceso de adhesión, el 50% del volumen de minerales que componen la dentina en su superficie son reemplazados por agua, lo que sumado al 20% de agua que ya contiene este tejido, aumenta ese volumen a un 70%. Durante la infiltración de los monómeros de resina, este 70% de agua debería ser reemplazado por un 70% de ellos. Sin embargo, debido a la presencia residual de solventes y el movimiento de fluidos desde los túbulos dentinarios, este intercambio nunca se produce completamente. Ello resulta en una infiltración incompleta de las fibrillas colágenas desmineralizadas que siguen rodeadas por agua, esto crea pequeñas regiones en la capa híbrida que son ricas en agua y pobres en resina. Estas regiones en las interfaces adhesivas han sido llamadas nanoinfiltración y van aumentando de tamaño en el tiempo¹².

3. Sistemas adhesivos y sus estrategias de aplicación

Los sistemas adhesivos disponibles en el mercado pueden ser divididos según su modalidad de aplicación en 2 categorías: convencionales (*etch-and-rinse* [Er]) y autograbantes (*Self-etch* [Se]). En la actualidad, los fabricantes decidieron tomar las dos versiones más simplificadas de estas dos categorías, que a su vez son los que presentan mayores desventajas en cuanto a la preservación de la integridad de la capa híbrida. Estos son llamados adhesivos de tipo “Universal”, “Multipropósito” o “Multimodal”, que se puede utilizar con la modalidad de un adhesivo de tipo grabado y lavado de dos pasos o como adhesivo autograbante de un paso.

3.1 Sistema adhesivo de grabado y lavado

La técnica de grabado y lavado sigue siendo la más efectiva para conseguir una adhesión a esmalte eficiente y estable, y básicamente requiere de dos pasos. El principal mecanismo utilizado para retener los sistemas adhesivos actuales, se basa en la infiltración de monómeros resinosos en la capa superficial de dentina y esmalte previamente desmineralizados y posteriormente polimerizados.

Entonces, previo a la aplicación de los sistemas adhesivos convencionales se requiere realizar el grabado de la superficie dentaria con ácido ortofosfórico generalmente al 37%, que corresponde al primer paso en esta estrategia de adhesión, el cual tiene como objetivo la remoción total del *smearlayer* y desmineralizar los tejidos para generar un patrón de grabado en el esmalte y una exposición de las fibrillas colágenas en dentina, que permitirá la posterior infiltración del adhesivo en la estructura dentaria^{18,19}. El segundo y más crítico paso consiste en la aplicación del *primer*. La sensibilidad radica en que se debe manejar perfectamente la humedad de la dentina para asegurar la permeabilidad de los monómeros en la red colágena. La técnica a realizar, por lo tanto, debe considerar una “adhesión húmeda”¹⁶. Finalmente se realiza el tercer paso, en donde se aplica la resina adhesiva y posteriormente se polimeriza por 20 segundos.

Existe su versión simplificada que involucra *primer* y adhesivo en un mismo frasco, siendo éste el segundo paso. Varios estudios han demostrado que estos sistemas tienen valores inferiores de adhesión en comparación con los sistemas adhesivos de tres pasos.

La mayor desventaja del sistema adhesivo convencional, es el riesgo del colapso de las fibrillas colágenas durante el secado de la dentina desmineralizada, que lleva a una disminución de la resistencia de unión de la capa híbrida^{18,20}. El colapso del colágeno se debe prevenir manteniendo húmeda la dentina desmineralizada, que es un desafío difícil de realizar clínicamente. De hecho, la humectación adecuada depende tanto del solvente del sistema adhesivo²¹ como de

la interpretación que hace el clínico de las recomendaciones del fabricante. En cuanto a los solventes, aquellos con acetona tienen un mejor comportamiento en dentina húmeda, mientras que los *primers* que contienen agua o etanol deben ser aplicados en superficies más secas²². La incompleta impregnación de las fibrillas colágenas²³ y la necesidad de protegerlas de los mecanismos de degradación del ambiente de la cavidad oral^{24,25} llevó al desarrollo de los sistemas adhesivos de autograbado.

3.2 Sistema Adhesivo de autograbado

Su utilización se fundamenta sobre la problemática de que fibrillas colágenas pueden quedar expuestas sin la impregnación de monómeros resinoso cuando se realiza el acondicionamiento ácido¹¹, lo que ha generado la necesidad de protegerlas de los mecanismos de degradación del medio bucal²⁵.

Los fabricantes le atribuyen la ventaja de reducir la sensibilidad de la técnica de los adhesivos de grabado y lavado, ya que al disminuir el número de pasos y por lo tanto el tiempo de aplicación existe un menor riesgo de que el operador cometa errores que vayan a disminuir el potencial de adhesión.

En la estrategia de autograbado no existe la necesidad de aplicar previamente el gel de ácido fosfórico en los sustratos dentarios, ya que la desmineralización de la dentina y su imprimación ocurren simultáneamente^{18,26}, debido a la presencia de monómeros ácidos e hidrofílicos en el *primer*.

Los monómeros ácidos presentes en los sistemas autograbantes pueden ser monómeros derivados del ácido carboxílico (4-MET) o monómeros fosfonados (Fenil-P; 10-MDP; PENTA)¹⁴. Estos sistemas adhesivos, como solvente requieren que parte de éste sea agua en conjunto con alcohol y acetona. El componente acuoso permite la ionización de los monómeros ácidos, permitiendo la formación de iones de hidronio, los que graban la hidroxiapatita²⁷.

Actúan disolviendo el *smearlayer*, descalcificando la dentina y al mismo tiempo, involucrando las fibrillas colágenas expuestas¹¹, por lo que estos sistemas son igualmente capaces de formar una capa híbrida que incorpora los cristales de hidroxiapatita disueltos y el barro dentinario residual^{9,18}, sin embargo su grosor es menor y depende de la acidez del sistema. Excepto para adhesivos autograbantes muy ácidos^{28,29}, la mayor parte de la dentina desmineralizada en su profundidad es impregnada por los monómeros de resina, lo que puede ser la razón de que no estén asociados a la sensibilidad característica de la técnica de adhesión a dentina húmeda^{19,20,30}.

Se clasifican de acuerdo a su potencial ácido en: leves ($\text{pH} > 2$), moderados ($1,1 < \text{pH} < 2$) y agresivos ($\text{pH} < 1$)¹⁴.

Los adhesivos autograbantes agresivos generan una desmineralización más profunda, en esmalte generan un patrón similar a un adhesivo de grabado y lavado, y en dentina, la hidroxiapatita es disuelta totalmente, en consecuencia su mecanismo de adhesión está basado principalmente en la difusión. Se ha documentado que estos adhesivos, presentan valores de unión muchos menores especialmente en dentina³¹.

Los sistemas adhesivos de acidez leve desmineralizan la dentina en una profundidad de 1 μm y desmineralizan el colágeno de manera parcial, manteniendo hidroxiapatita unida a él. Sin embargo, se crea una porosidad superficial suficiente para permitir el engranaje micromecánico de la resina adhesiva. La mayor desventaja de estos sistemas, es su pobre potencial de adhesión a esmalte³¹.

Los sistemas adhesivos de acidez moderada, tiene la particularidad de generar una capa híbrida de dos fases, en la que la superficie se encuentra totalmente desmineralizada y la base parcialmente desmineralizada. Su acidez intermedia permite un mejor anclaje micromecánico tanto a esmalte como dentina, en comparación a los de acidez agresiva y leve³¹.

En el caso de los sistemas autograbantes de acidez leve y moderada, al mantenerse hidroxiapatita residual en la capa híbrida se permite un potencial de unión química al calcio de este mineral³².

Se encuentran en dos versiones: *primer* ácido (primer paso), con la resina adhesiva por separado (segundo paso), o bien un sistema de monofrasco de un paso que incluye los dos componentes^{18,33}.

Una clara desventaja del protocolo de autograbantes es la reducción de la eficacia de la adhesión a esmalte^{34,35}, debido a la permanencia de iones de calcio y fosfatos solubilizados provenientes de los cristales de hidroxiapatita, que tenderán a precipitar dentro del *primer* limitando la profundidad de desmineralización de la superficie por la saturación del medio³⁶.

El aumento del área de superficie en esmalte intacto obtenida con éste es menor al conseguido con ácido fosfórico y depende de su pH, como fue mencionado anteriormente³⁵. El comportamiento del adhesivo autograbante se ve mejorado cuando este sistema es aplicado a esmalte previamente grabado con ácido fosfórico^{31,37,38}. Sin embargo, este proceso ha demostrado ser inapropiado para el sustrato dentinario. El grabado de la dentina puede ocurrir accidentalmente cuando se intenta grabar selectivamente el esmalte con ácido ortofosfórico de baja viscosidad, en donde se estaría eliminando el barro dentinario, el cual es necesario para el mecanismo de adhesión de los sistemas autograbantes.

3.3 Sistemas adhesivos universales

Estos materiales simplificados si bien presentan las características de los sistemas adhesivos autograbantes, tienen la opción de ser usados con grabado ácido tanto en esmalte como en dentina o selectivamente en esmalte en donde no es utilizado el ácido para el grabado de la superficie dentinaria.

Es de consideración el hecho de que estos sistemas adhesivos presentan un alto porcentaje de solventes y monómeros hidrofílicos en su composición, al igual que los autograbantes. La acumulación de ellos en la interfase adhesiva puede aumentar la permeabilidad y subsecuente degradación hidrolítica de la resina, así como también puede mermar el grado de conversión de la resina, reduciendo la resistencia de la unión resina-dentina. Por otra parte, al ser utilizados como la técnica de grabado y lavado podría no ocurrir la infiltración total del adhesivo en las fibrillas colágenas, lo que permitiría su posterior degradación por acción de la metaloproteinasas de la matriz.

Sin embargo, al ser los adhesivos universales un sistema más versátil y cómodo para el uso profesional, se han convertido en un material de preferencia para el uso clínico.

a. Single Bond Universal (3M ESPE)

Este sistema adhesivo universal monocomponente está indicado para ser utilizado en técnicas de grabado total, selectivo en esmalte o autograbado, para restauraciones directas e indirectas. Presenta la particularidad de poseer MDP y silano en su composición, lo que permite su adhesión a sustratos tales como metales, óxido de zirconio, alúmina y cerámicas vítreas.

Su principal uso es con materiales de fotocurado, sin embargo presenta una solución activadora por separado que permite utilizar el sistema adhesivo con materiales de autocurado o curado dual.

En su composición se encuentran resinas de dimetacrilato (HEMA), MDP, copolímeros de vitrebond, silano, relleno, iniciadores, solvente basado en etanol/agua. Gracias a la presencia de MDP y el copolímero del Vitrebond tiene la habilidad de unirse químicamente al calcio de la hidroxiapatita.

El fabricante indica el sistema adhesivo Single Bond Universal para adhesión con autograbado a esmalte y dentina, adhesión a dentina y esmalte grabados previamente, adhesión a esmalte preparado e intacto,

adhesión a lesiones cervicales de dentina, adhesión a dentina húmeda y seca.



Fig.9 Single Bond Universal 3M ESPE.

4. Fallas en la adhesión

Clínicamente, la unión a esmalte no presenta muchos riesgos de desarrollar fallas, de existir se deben generalmente a un procedimiento clínico incorrecto. No obstante, esto no quiere decir que no puedan ocurrir fallas en las restauraciones adhesivas con márgenes en esmalte, ya que las agresiones del medio bucal pueden causar fallas cohesivas del esmalte o del agente adhesivo¹¹.

En cuanto a la longevidad de la interfaz adhesiva, se ha demostrado una reducción gradual de la resistencia de unión en el tiempo. Estas fallas pueden ocurrir tanto en la parte superior como en la inferior de la capa híbrida, donde se observa una capa amorfa. Esta capa amorfa se produce por una impregnación insuficiente de la dentina desmineralizada, dejando fibrillas colágenas expuestas, sin recubrimiento de monómeros resinosos. Como los monómeros resinosos son más resistentes a la hidrólisis que las fibrillas colágenas, al quedar éstas descubiertas y expuestas, pueden causar el colapso de la capa híbrida y el fracaso de las restauraciones. Esta falla puede tener como causa un tiempo excesivo de grabado ácido de la superficie dentinaria o un tiempo deficiente de infiltración e impregnación del *primer*.

En la interfase dentina-resina se pueden observar diferentes tipos de fallas, según el comportamiento de los diferentes componentes de esta interfase ante fuerzas de tracción. Estos componentes corresponden al adhesivo, capa híbrida, fibrillas colágenas no recubiertas y dentina íntegra.

4.1 Falla Cohesiva

Al someterse la interfase adhesiva a fuerzas traccionales ocurre la ruptura de las fibrillas colágenas no infiltradas por adhesivo, ya que esta estructura representa el elemento más débil de la interfase (Fig.20).

Al realizar la prueba de tracción, idealmente se espera obtener una resistencia de 30 MPa, que corresponde a la resistencia traccional de las

fibrillas colágenas, por ende si la falla ocurra al alcanzar esta magnitud se atribuye a una ruptura a este nivel².

4.2 Falla Adhesiva

Es la ruptura del adhesivo mismo, debido a una disminución en la resistencia de éste dentro de la interfase por un afinamiento del adhesivo al penetrar la dentina, llegando a ser esta resistencia menor a la de las fibrillas de colágeno (Fig.10). Existe un riesgo mayor de que ocurra este tipo de falla cuando existe un secado excesivo de la dentina acompañado del uso de un adhesivo que tiene como solvente acetona².

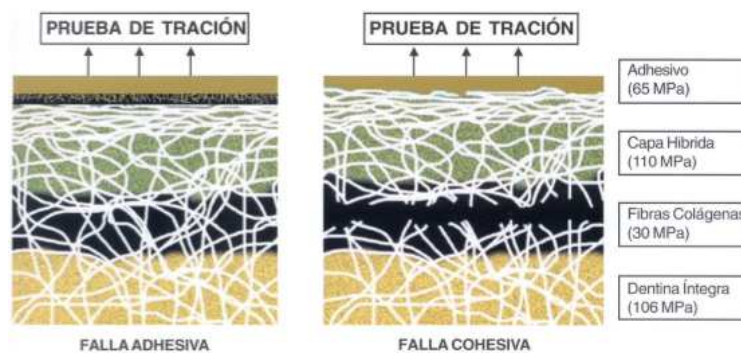


Fig.10 Resistencia adhesiva de las estructuras de la interfase dentina-resina. Ilustración de la falla adhesiva y cohesiva. (Henostroza, 2010).

4.3 Falla Mixta

Involucra tanto la ruptura de las fibrillas colágenas desnudas bajo la capa híbrida, como la fractura del adhesivo en la interfaz adhesivo-dentina.

4.4 Falla Marginal

Son alteraciones que ocurren a nivel de los márgenes de las restauraciones, que en el caso de las restauraciones adhesivas no se debiesen presentar debido a que se fundamentan en el uso de un procedimiento adhesivo que tiene por objetivo sellar estos márgenes. Sin embargo, a causa de la sensibilidad y manejo crítico de las distintas técnicas adhesivas ocurren muchas alteraciones a este nivel que presentan una de las principales causas de fracaso de estas restauraciones³⁹.

5. Degradación de la interfase dentina-resina

La hidrólisis de las uniones resina-dentina involucra la degradación de ambos componentes de la dentina hibridizada; las fibrillas colágenas y la resina propiamente tal.

Los factores que contribuyen a esta degradación son: la naturaleza hidrofílica de algunos monómeros, la concentración de agua requerida en los adhesivos autograbantes, la técnica de adhesión húmeda o seca en los sistemas adhesivos de grabado y lavado, y el fluido de los túbulos dentinarios²⁷.

En los sistemas adhesivos de grabado y lavado, la técnica de “adhesión húmeda” ha demostrado mejorar la fuerza de adhesión, ya que la presencia de agua preserva la porosidad de la red de colágeno, permitiendo una adecuada interdifusión del monómero. A pesar de que la presencia de agua es esencial en la etapa de infiltración de la resina, su presencia residual en el espacio interfibrilar de la red colágena puede favorecer la hidrólisis tanto de ésta como de la matriz de resina²⁷. Desafortunadamente en estos sistemas adhesivos, los monómeros resinosos no siempre llegan a infiltrar completamente las fibrillas de colágeno expuestas luego del grabado, dando como resultado una zona de dentina desmineralizada bajo la capa híbrida favoreciendo la degradación de la unión resina-dentina en el tiempo²³. Estudios *in vivo* también han demostrado que el componente colágeno de la capa híbrida sufre una degradación hidrolítica gradual en el tiempo⁴⁰.

En cuanto a la hidrólisis del componente adhesivo de la capa híbrida en los sistemas adhesivos autograbantes, ésta se debe principalmente al hecho de que se han agregado monómeros hidrofílicos con grupos carboxílicos, hidróxilos y fosfatos a dimetacrilatos hidrofóbicos, con el objetivo de promover una efectiva adhesión entre la dentina húmeda y las resinas compuestas. Si bien las matrices poliméricas debiesen ser materiales insolubles altamente estables, se ha demostrado que estos monómeros hidrofílicos pueden absorber agua, generando canales llenos de agua debido al movimiento de ella desde la dentina hidratada hacia las matrices poliméricas⁴¹. La absorción de agua y la solubilidad pueden llevar a un proceso que resulte en el deterioro de la estructura y la función de los polímeros dentales.

Los sistemas adhesivos autograbantes de un paso presentan la mayor absorción de agua y solubilidad, en comparación con los de dos pasos, ya que los primeros presentan el solvente dentro de su composición⁴².

La disolución de la resina adhesiva puede continuar ocurriendo a través de los canales de nanoinfiltración durante el envejecimiento, produciendo una exposición continua de las fibrillas colágenas. Esta situación determina que la matriz colágena previamente infiltrada por resina se vuelva más susceptible al ataque de enzimas proteolíticas⁴³.

Algunos autores sugieren que la actividad proteolítica puede ser causada por metaloproteinasas (MMPs) de la matriz colágena, que ya han demostrado su potencial de expresarse en el complejo dentino-pulpar^{44,45,46}.

Las MMPs son una familia de enzimas dependientes de Zn^{2+} y Ca^{2+} que actúan como un componente fundamental en procesos fisiológicos y patológicos debido a su habilidad de degradar la mayoría de los componentes de la matriz extracelular⁴⁷. Distintas MMPs se han identificado en el complejo dentino-pulpar: MMP-3^{48,49}, MMP-8⁵⁰, MMP-2 y MMP-9^{51,52}.

Se ha descrito en la literatura que la activación de estas enzimas endógenas ocurre durante los procesos de adhesión^{53,54-56} y puede ser la responsable de la casi completa desaparición de la capa híbrida en las uniones resina-dentina a los 4 años de almacenamiento en agua⁵⁷.

Se ha identificado más recientemente otro grupo de proteasas en caries dentinarias humanas que corresponde a las cisteínas-catepsinas^{58,59}, esta información apunta a que la actividad colagenolítica de la dentina puede deberse no sólo a la acción de la MMPs sino que también a este nuevo grupo de enzimas⁴³.

A pesar de que el grabado ácido puede inhibir la actividad colagenolítica de la dentina^{53,54} la aplicación de sistemas *etch-and-rinse*⁵⁴ simplificados y *self-etch*⁵⁵ ha mostrado reactivar la actividad enzimática endógena que fue previamente inhibida.

Por lo tanto, los factores responsables de la degradación de las fibrillas colágenas se resumen en:

- Penetración incompleta de los monómeros de resina en la profundidad de desmineralización producida por el ácido ortofosfórico en sistemas *etch-and-rinse* o por los sistemas *self-etch*.
- Exposición continua de las fibrillas colágenas como resultado de la degradación de la red polimérica.
- Activación de las proteasas endógenas (MMPs y catepsinas) involucradas en la degradación del componente orgánico de la capa híbrida, por los sistemas adhesivos.

6. Clorhexidina

6.1 Generalidades:

La clorhexidina es una bisguanida catiónica activa frente a un elevado número de microorganismos, bactericida de amplio espectro, no irritante, con nula capacidad de absorción. Tiene un efecto rápido (15-30 segundos) y duradero⁶⁰.

Una de las características más destacada de este compuesto es la sustantividad. La clorhexidina adsorbida se libera gradualmente en 8-12 horas en su

forma activa y aún después de 24 horas pueden encontrarse concentraciones bajas de clorhexidina⁶¹.

Químicamente se presenta de tres formas: como digluconato, acetato e hidrocloreuro, en odontología se suele utilizar en forma de digluconato de clorhexidina en solución acuosa o alcohólica, a una concentración del 0,12% al 2%.

6.2 Mecanismo de Acción

Este compuesto es una base fuerte dicatiónica a pH superior a 3,5 con dos cargas positivas en cada extremo del puente de hexametileno, es esta naturaleza dicatiónica la que la hace extremadamente interactiva con los aniones⁶¹, por lo que la clorhexidina se une electrostáticamente a los grupos ácidos y aniónicos de las proteínas salivales y, por lo tanto, de la película adquirida, interfiriendo así en su formación. Por otra parte, se adhiere a los microorganismos e interfiere en la adhesión bacteriana mediada por cationes divalentes.

Debido a este mecanismo de acción presenta propiedades antibacterianas, por lo que en Odontología Restauradora, fue inicialmente utilizada como desinfectante de cavidades previo a la aplicación de los materiales de restauración, teniendo por objetivo prevenir la sensibilidad postoperatoria y caries secundaria producto de la permanencia de bacterias en la cavidad.

A su vez, se ha demostrado que la clorhexidina actúa como inhibidor de metaloproteinasas de la matriz. Esta propiedad fue descubierta en 1999 por Gendron y col., quienes demostraron que en los procesos inflamatorios del periodonto, la clorhexidina puede inhibir la actividad proteolítica de ciertas metaloproteinasas como la MMP 2, 8 y 9⁶².

Por otro lado, Tjäderhane y col. descubrieron que estas MMPs de la matriz están involucradas en la destrucción de la matriz colágena en la dentina cariada al ser activadas por los ácidos bacterianos⁶³.

La degradación hidrolítica de la dentina desmineralizada ocurre también en ausencia de colonización bacteriana por medio de las MMPs que se van activando a lo largo del tiempo⁵³.

6.3 Clorhexidina y Capa híbrida

La aplicación de inhibidores de las MMP, como la clorhexidina, en la superficie dentaria luego del grabado ácido o su incorporación en el sistema adhesivo puede resultar en una mejora en la integridad y estabilidad de las restauraciones adhesivas en el tiempo⁶⁴.

Clínicamente, la mayor frecuencia de falla adhesiva es la pérdida de retención de la restauración así como defectos marginales, tales como pérdida de adaptación marginal y decoloración marginal^{39,65}. Esta problemática clínica es comúnmente observada con adhesivo autograbante y adhesivo de grabado y lavado de dos pasos^{39,65}, en tanto que ellos son más propensos a la absorción acuosa⁴² debido a que tienen en su composición resinas hidrofílicas, lo que facilitará la degradación de la capa adhesiva en el tiempo, reduciendo significativamente la resistencia de la unión resina-dentina.

La disminución de la resistencia de la unión resina-dentina también está relacionada a la hidrólisis de la matriz de fibrillas colágenas de la capa híbrida combinada a la degradación de los polímeros hidrofílicos⁶⁶, antes mencionada. La activación de las metaloproteinasas de la matriz⁵³ y las cisteínas catepsinas derivadas del hospedero, que ocurre posterior a la aplicación del sistema adhesivo, es la responsable de esta hidrólisis. Como la desintegración de la estructura polimérica es inevitable, hay otros factores involucrados en la interface resina-dentina, que pueden ser manejados para promover una interface más estable⁶⁷.

7. Pruebas de laboratorio para medir efectividad adhesiva

Los ensayos clínicos son la última prueba para evaluar restauraciones dentales, sin embargo no permiten diferenciar la verdadera razón de la falla, debido al impacto simultáneo de diversos estímulos de la cavidad oral. Es por esto, que los test de laboratorio son muy utilizados, ya que permiten evaluar una variable en particular manteniendo las demás variables constantes. A través de estas pruebas, se obtienen conclusiones que se pueden entregar a los clínicos para el apropiado uso y selección de los materiales dentales⁹.

7.1 Test de resistencia de unión a la microtracción (μ TBS)

Esta prueba evalúa el esfuerzo máximo que tolera un material sometido a cargas de tracción sin romperse, denominándose resistencia adhesiva al hablar de la unión de un material adhesivo al diente.

La resistencia de unión a la microtracción mide la resistencia a la fractura de un cuerpo ante una tensión constante y perpendicular a la línea de unión resina-dentina, medida en megapascales (MPa).

Se ha demostrado que la resistencia de unión a la microtracción está inversamente relacionada al área de superficie adhesiva.

Una gran ventaja de esta prueba, es que permite testear la fuerza de unión y la efectividad adhesiva en sustratos clínicamente relevantes, tales como esmalte, dentina sana, dentina esclerótica y dentina cariada. Y sus resultados son de gran validez clínica en el tiempo⁹. Este test tiene como desventaja la altamente frágil y demandante técnica de preparación de los especímenes.

7.2 Prueba de nanoinfiltración

Esta prueba se lleva a cabo utilizando iones de plata de dimensiones nanométricas, y se cree que representa la infiltración a través de espacios desmineralizados submicrométricos que no han sido infiltrados por la resina adhesiva⁹.

Este fenómeno es evaluado cuantitativamente al teñir la profundidad de penetración de los iones de plata y observarlos con microscopía confocal láser o microscopía electrónica de transmisión⁹.

8. Resinas Compuestas

Las resinas compuestas dentales son materiales con una gran densidad de entrecruzamiento poliméricos, reforzados por partículas de relleno que se unen a la matriz gracias a un agente de enlace. En su composición se encuentran básicamente cuatro materiales químicamente diferentes: 1) matriz o fase orgánica, 2) iniciadores de la polimerización físicos o químicos, 3) material de relleno y 4) agente de enlace.

a. Filtek™ Z350 (3M ESPE)

Resina de nanorelleno restauradora de fotocurado. El relleno contiene una combinación de nanosílice no aglomerado de 20nm y nanocluster de zirconio/sílice constituidos por aglomerados de partículas primarias de zirconio/sílicede 5 a 20 nm. El tamaño de partícula varía de 0,6 a 1,4 µm, presenta una carga de relleno equivalente al 78,5% del peso. Sus tonos son radiopacos. Está indicado en restauraciones directas en dientes anteriores y posteriores, reconstrucción de cúspides, reconstrucción de muñones, restauraciones anteriores y posteriores indirectas incluyendo inlays, onlays y carillas (Dental Products 3M ESPE, 2005).

III. HIPÓTESIS

La aplicación de clorhexidina al 2% previa a la utilización de un adhesivo universal en sus modalidades *self-etch* y *etch-and-rinse* promueve la estabilidad de las propiedades de la interfase dentina-resina al disminuir la nanoinfiltración y mantener la resistencia de la unión resina-dentina.

IV. OBJETIVO GENERAL

Evaluar, *in vitro*, el efecto del uso de clorhexidina al 2% en la estabilidad de las propiedades de unión de la interfase dentina-restauración conformada por un sistema adhesivo universal: Single Bond Universal (3M ESPE) en sus dos estrategias adhesivas (*self-etch* y *etch-and-rinse*).

V. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar, *in vitro*, la resistencia de unión a la microtracción (MPa) de la interfase dentina-resina conformada por un adhesivo universal en sus modalidades *self-etch* y *etch-and-rinse* con o sin previa aplicación de clorhexidina al 2% a las 24 horas, al ser sometida a un ciclaje con hipoclorito de sodio al 12% y al mes de ciclaje con agua destilada.
- Medir, *in vitro*, la nanoinfiltración (%) de la interfase dentina-resina conformada por un adhesivo universal en sus modalidades *self-etch* y *etch-and-rinse* con o sin previa aplicación de clorhexidina al 2% a las 24 horas, al ser sometida a un ciclaje con hipoclorito al 12% y al mes de ciclaje con agua destilada.
- Comparar el comportamiento de la interfase dentina-resina en las dos modalidades de aplicación del adhesivo universal con y sin clorhexidina a las 24 horas de almacenamiento, al someterse a un ciclaje con hipoclorito de sodio al 12% y al mes de ciclaje con agua destilada.
- Evaluar la metodología de envejecimiento con ciclaje con hipoclorito de sodio al 12% y ciclaje con agua destilada sobre la interfase dentina-resina.

VI. MATERIALES Y MÉTODO

1. Definiciones conceptuales y operacionales de las variables

Se trabajó con variables cualitativas nominales dicotómicas y politómicas, y cuantitativas continuas, como se ilustra a continuación (Tabla I):

| Variable | Definición |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Estrategia de aplicación | Tipo de Variable: Cualitativa Nominal Dicotómica |
| | Conceptual: Modalidad con que se puede aplicar el sistema adhesivo universal sobre el sustrato dentario. |
| | Operacional: Modalidad determinada por la aplicación o no de grabado ácido sobre la superficie dentaria y su posterior lavado (<i>self-etch</i> o <i>etch-and-rinse</i>). |
| Aplicación de clorhexidina | Tipo de Variable: Cualitativa Nominal Dicotómica |
| | Conceptual: Aplicación de clorhexidina como agente que favorece la estabilidad de la unión dentina-resina al actuar como inhibidor de las MMP. |
| | Operacional: Incluir o no en el protocolo de adhesión la aplicación de clorhexidina al 2%, previa a la aplicación del sistema adhesivo, independiente de la estrategia de aplicación utilizada. |
| Tiempo de evaluación | Tipo de Variable: Cualitativa Ordinal Politómica |
| | Conceptual: Tiempo en que se evalúan las propiedades de la unión dentina-resina en los especímenes luego de haber aplicado el sistema adhesivo. |
| | Operacional: Evaluación de los especímenes según lo establecido: a las 24 horas de almacenamiento en agua destilada, a las 27.5 horas de almacenamiento en agua destilada y ciclaje con hipoclorito de sodio o al mes de ciclaje con agua. |
| Resistencia a la microtracción | Tipo de Variable: Cuantitativa Continua |
| | Conceptual: Medición de la capacidad de la restauración de resistir la fuerza de microtracción. |
| | Operacional: Resistencia a la fuerza de tracción medida en MPa en una máquina de microtracción (Microtensil OM 100, Odeme Dental Research, Luzerna, Santa Catarina, Brasil). |
| Nanoinfiltración | Tipo de Variable: Cuantitativa Continua |
| | Conceptual: Evaluación de la permeabilidad de la interfase adhesiva dentina-resina. |
| | Operacional: Porcentaje relativo de nanoinfiltración en la interfase adhesiva medida en la micrografía con software Image Tool 3.0. |

Tabla I.

2. Diseño y Tipo de Estudio

La presente investigación corresponde a un estudio de tipo experimental *in vitro*.

3. Marco Espacio-Temporal

El estudio se desarrolló en tres fases:

- Primer periodo: Se realizó un estudio piloto sobre la preparación de los especímenes y utilización de maquinaria.
- Segundo periodo: En esta etapa se llevó a cabo la preparación dentaria de la muestra y de los especímenes.
- Tercer Periodo: Medición de la resistencia de unión a la microtracción de los especímenes seleccionados aleatoriamente, según los distintos tiempos de evaluación.

4. Universo y selección de la Muestra

El Universo corresponde a terceros molares humanos extraídos sanos. Fueron utilizados como muestra 28 terceros molares humanos íntegros extraídos por indicación terapéutica, recolectados de centros de salud pública de Viña del Mar y Valparaíso, previo consentimiento informado al paciente (anexo).

5. Criterios de Inclusión y Exclusión

5.1 Criterios de Inclusión

- Dientes terceros molares íntegros, con superficie intacta y libre de caries, extraídos por indicación terapéutica.
- Consentimiento informado firmado por el paciente sometido a la extracción.

5.2 Criterios de Exclusión

- Terceros molares con alteración de su estructura: caries, fracturas, etc.
- Dientes que al ser extraídos no fueron almacenados en el medio adecuado. Por ejemplo: almacenado en agua oxigenada.
- No poseer el consentimiento informado firmado por el paciente que fue sometido a la extracción.

6. Ejecución del Estudio

6.1 Preparación Dentaria

Los dientes fueron limpiados con ultrasonido, luego desinfectados con cloramina al 0.5% y almacenados en agua destilada, la que fue cambiada cada semana hasta el momento de su utilización.

Se expuso una superficie plana de dentina, luego de eliminar el esmalte oclusal con un disco de lija 180 SiC y luego se eliminó el esmalte periférico con piedra adiamantada cilíndrica nº 12. Posteriormente fueron almacenados nuevamente en agua destilada hasta su restauración.

6.2 Diseño Experimental

Los dientes fueron divididos aleatoriamente en cuatro grupos (n=7) según estrategia adhesiva y uso o no de CHX al 2%. A su vez cada grupo fue subdividido en tres grupos según el tiempo de evaluación. Los grupos se identificaron de la siguiente manera: Single Bond U *self-etch* con CHX a las 24 horas (SSeC24), Single Bond U *self-etch* sin CHX a las 24 horas (SSeS24), Single Bond U *self-etch* con CHX a las 27,5 horas (SSeC27), Single Bond U *self-etch* sin CHX a las 27,5 horas (SSeS27), Single Bond U *self-etch* con CHX al mes (SSeC1), Single Bond U *self-etch* sin CHX al mes (SSeS1), Single Bond U *etch-and-rinse* con CHX a las 24 horas (SErC24), Single Bond U *etch-and-rinse* sin CHX a las 24 horas (SErS24), Single Bond U *etch-and-rinse* con CHX a las 27,5 horas (SErC27), Single Bond U *etch-and-rinse* sin CHX a las 27,5 horas (SErS27), Single Bond U *etch-and-rinse* con CHX al mes (SErC1) y Single Bond U *etch-and-rinse* sin CHX al mes (SErS1).

Previo al uso del sistema adhesivo universal (Single Bond Universal, 3M ESPE), la superficie dentinaria expuesta fue pulida con una lija nr. 600 durante 60 s para estandarizar el *smearlayer*. En los grupos con CHX, la dentina fue secada por 5 s con aire de jeringa triple a una distancia de 10 cm y rehumedecida frotando un microbrush grueso con clorhexidina al 2% (Clorhexidina, recetario magistral farmacia Salcobrand) por 60 s, retirando los excesos con una mota de algodón estéril. Para grupos sin CHX la dentina fue rehumectada con agua.

6.3 Restauración y preparación de especímenes

El adhesivo fue aplicado según las indicaciones del fabricante (tabla II), utilizando un microbrush grueso procurando frotar activamente la dentina. Luego fue fotocurado con luz LED por 10 s a 600 mW/cm² (Bluephase C5, Ivoclar Vivadent, São Paulo, Brasil).

| Sistema Adhesivo/Número de lote | Composición | Estrategia de autograbado (Self-etch) | Estrategia de grabado-lavado (Etch-and-rinse) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Single Bond Universal (547837) | 1. Grabador: ácido fosfórico 34%, agua, sílica sintética amorfa, polietilenglicol, óxido de aluminio. 2. Adhesivo: monómeros de fosfato MDP, resinas de dimetacrilato, HEMA, copolímero ácido polialquénico de dimetacrilato modificado, relleno, etanol, agua, iniciadores, silano. | 1. Aplicar el adhesivo a la preparación completa con un microbrush y frotar por 20 s. Si es necesario, rehumedecer el dispositivo de aplicación durante el tratamiento. 2. Dirigir un ligero chorro de aire sobre el líquido por aproximadamente 5 s hasta que no haya más movimiento y el solvente se haya evaporado completamente. 3. Polimeriza con luz por 10 s. | 1. Aplicar el ácido por 15 s. 2. Lavar por 10 s. 3. Secar por 2 s. 4. Aplicar el adhesivo del mismo modo que la estrategia de autograbado. |
| HEMA = 2-hydroxyethyl methacrylate; MDP = methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate; Bis-GMA = bisphenol glycidyl methacrylate; TEGDMA = Triethylene glycol dimethacrylate | | | |

Tabla II. Especificaciones según fabricante.

Los dientes se restauraron con 2 incrementos de resina compuesta (FiltekZ350, 3M ESPE, Saint Paul, Minnesota, EEUU) de 2 mm cada uno fotocurado por 40 s. Este procedimiento fue realizado por un sólo operador en condiciones de temperatura y humedad adecuadas según el protocolo establecido para cada grupo de estudio (tabla III).

| S Se C | S Se S | S Er C | S Er S |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Aplicar CHX por 60 s 2. Secar excesos con motas 3. Frotar adhesivo por 20 s 4. Secar por 5 s 5. Polimerizar por 10 s 6. Incremento de resina compuesta 2 mm 7. Polimerizar por 40 s 8. Incremento de resina compuesta 2 mm 9. Polimerizar por 40 s 10. Pintar azul y marcar límite | 1. Frotar adhesivo por 20 s 2. Secar por 5 s 3. Polimerizar por 10 s 4. Incremento de resina compuesta 2 mm 5. Polimerizar por 40 s 6. Incremento de resina compuesta 2 mm 7. Polimerizar por 40 s 8. Pintar amarillo y marcar límite | 1. Grabado ácido por 15 s 2. Lavado por 10 s 3. Secar por 2 s 4. Aplicar CHX por 60 s 5. Secar excesos con motas 6. Frotar adhesivo por 20 s 7. Secar por 5 s 8. Polimerizar por 10 s 9. Incremento de resina compuesta 2 mm 10. Polimerizar por 40 s 11. Incremento de resina compuesta 2 mm 12. Polimerizar por 40 s 13. Pintar rojo y marcar límite | 1. Grabado ácido por 15 s 2. Lavado por 10 s 3. Secar por 2 s 4. Frotar adhesivo por 20 s 5. Secar por 5 s 6. Polimerizar por 10 s 7. Incremento de resina compuesta 2 mm 8. Polimerizar por 40 s 9. Incremento de resina compuesta 2 mm 10. Polimerizar por 40 s 11. Pintar verde y marcar límite |

Tabla III. Protocolo de restauración según grupo de estudio.

Se almacenaron en agua destilada a 37° C en una estufa (Estufa de cultivo LT 100, Amilab) por 24 horas, para luego ser montados en un dispositivo cubiertos con cera pegajosa (Sticky Wax, Kerr, Orange, California, EEUU) y seccionados longitudinalmente en los planos “x” e “y” a través de la interfase adhesiva con un disco de diamante en la máquina cortadora IsoMet Low Speed Saw (Buehler, Minhang, Shanghai, China) con refrigeración acuosa a 300 rpm para obtener varillas de sección transversal entre 0.6 - 0.8 mm². Para este procedimiento se utilizó guantes y protección ocular.

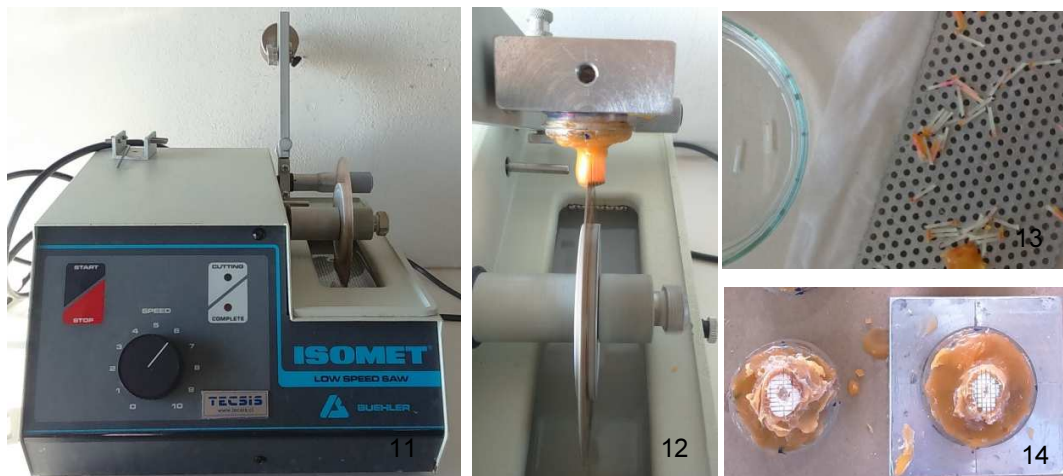


Fig.11 Máquina de corte IsoMet; Fig. 12 Proceso de corte; Fig. 13 Obtención de especímenes; Fig. 14. Dispositivo con diente seccionado.

Se midió el área seccional de cada varilla con un paquímetro digital (Digital Vernier Caliper, Ubermann, EEUU) para el posterior cálculo de la μ TBS. Fue registrado el número de fallas prematuras (FP) durante el proceso de obtención de los especímenes.



Fig. 15 Medición de espécimen con paquímetro digital.

Un tercio de las varillas provenientes del mismo diente fueron asignadas para ser evaluadas a las 24 horas de almacenamiento en agua destilada a 37° C. Otro tercio fue destinado para ser evaluado a las 27,5 horas, que corresponde a 24 horas de almacenamiento en agua destilada a 37°C y ciclaje durante 90 minutos en 3 ml de una solución de NaOCl al 12% y 2 horas de almacenamiento en agua destilada a 37°C, con el propósito de acelerar la degradación de la capa híbrida a través de la desproteínización que genera el hipoclorito sobre la superficie dentinaria⁶⁸. Finalmente al último grupo se le realizó un ciclaje que consistía en el almacenaje en agua destilada a 37° por un mes, realizándose un recambio de agua diario, con el fin de acelerar la degradación de la capa híbrida, como fue demostrado por Skovron et al., quienes realizaron un estudio que obtuvo como resultado que la degradación de la adhesión a dentina puede ser observada luego de un mes de almacenamiento en agua, siempre y cuando esta sea cambiada diariamente⁶⁹.

7. Recolección de Datos

7.1 Evaluación de la resistencia de unión a la microtracción (μ TBS)

Cada varilla fue unida a un dispositivo para μ TBS con resina de cianoacrilato en gel (IC-GEL Insta-cure, bSi) y sometida a fuerza de tracción en una máquina de ensayo universal (Microtensile OM 100, Odeme Dental Research, Luzerna, Santa Catarina, Brasil) a una velocidad de 0.5 mm/min.



Fig. 16 Máquina Microtensile OM 100; Fig. 17 Fijación de varillas al dispositivo para μ TBS; Fig. 18 Montaje de dispositivo

Las fallas fueron clasificadas a través de la observación de los especímenes bajo la lupa binocular Lupa binocular Olympus SZ60 (Tokio, Japón) como; cohesiva (dentina o resina - C); adhesiva (falla en el adhesivo - A); o mixta (involucra ambas fallas - M).

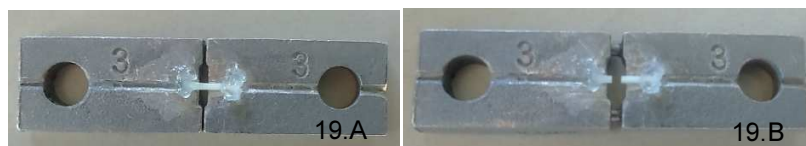


Fig. 19.A y 19.B Falla adhesiva al test de microtracción.

7.2 Evaluación de la nanoinfiltración (NL)

Tres varillas por cada diente y en cada tiempo de evaluación fueron seleccionadas aleatoriamente. Se cubrieron con dos capas de esmalte de uñas,

aplicadas a 1 mm de su interfase adhesiva. Los especímenes fueron preparados de la siguiente forma; en primer lugar se dejaron en nitrato de plata amoniacal en oscuridad por 24 horas, luego fueron lavados con agua destilada e inmersos en una solución foto-reveladora por 8 horas bajo luz fluorescente para reducir los iones de plata a granos de plata en los poros a lo largo de la interface adhesiva.

Se montaron las varillas en cubos de aluminio, y se pulieron con papel de lija nr. 1000 SiC y pasta diamantada de 6, 3, 1 y 0.25 μm (Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, USA). Luego fueron limpiados con ultrasonido, secados con aire y cubiertos con oro pulverizado (MED 010, Balzers, Liechtenstein) para su análisis en microscopía electrónica de barrido (LEO Electron Microscopy Ltd., Cambridge, UK).

De manera de estandarizar las imágenes adquiridas, se tomaron tres imágenes de cada espécimen. Cada primera imagen fue tomada del centro de la varilla. Las otras fueron tomadas a 0.3 mm a la izquierda y derecha, respectivamente.

El porcentaje relativo de NL en la interfase adhesiva fue medido en cada imagen utilizando el software UTHSCSA Image Tool 3.0 (University of Texas Health Science Center, San Antonio, TX).

VII. RESULTADOS

1. Resistencia a la microtracción (μ TBS)

El total de varillas obtenidas de cada grupo, descontando las fallas prematuras corresponde a: subgrupo SSeC24 con 64 especímenes, subgrupo SSeS24 con 56 especímenes, subgrupo SErC24 con 68 especímenes, subgrupo SErS24 con 56 especímenes, subgrupo SSeC27 con 49 especímenes, subgrupo SSeS27 con 54 especímenes, subgrupo SErC27 con 60 especímenes, subgrupo SErS27 con 47 especímenes, subgrupo SSeC1 con 49 especímenes, subgrupo SSeS1 con 41 especímenes, subgrupo SErC1 con 61 especímenes y subgrupo SErS1 con 41 especímenes.

Los resultados obtenidos de la μ TBS de la medición inmediata (24 horas) se detallan en la tabla IV:

| SSeC24 | | SSeS24 | | SErC24 | | SErS24 | |
|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| Nº de varilla | MPa | Nº de varilla | MPa | Nº de varilla | MPa | Nº de varilla | MPa |
| 1 | 43,13943662 | 1 | 36,07380952 | 1 | 57,52685573 | 1 | 76,40622189 |
| 2 | 39,41517857 | 2 | 16,40553447 | 2 | 62,10702576 | 2 | 13,59764479 |
| 3 | 38,91986014 | 3 | 58,89640688 | 3 | 21,72383768 | 3 | 48,57504401 |
| 4 | 43,50746487 | 4 | 50,90765512 | 4 | 45,21561265 | 4 | 51,18594524 |
| 5 | 43,44643955 | 5 | 39,6828125 | 5 | 31,7747412 | 5 | 40,93046133 |
| 6 | 32,52131148 | 6 | 27,9912 | 6 | 15,20388828 | 6 | 26,6384233 |
| 7 | 42,25846154 | 7 | 42,95153743 | 7 | 58,83441982 | 7 | 22,58135379 |
| 8 | 25,18560606 | 8 | 16,08306122 | 8 | 25,23772355 | 8 | 9,969579071 |
| 9 | 39,36773438 | 9 | 38,22534562 | 9 | 34,98419118 | 9 | 62,70949367 |
| 10 | 46,62568966 | 10 | 18,22174208 | 10 | 34,69979839 | 10 | 11,49027692 |
| 11 | 60,26964809 | 11 | 37,39399586 | 11 | 67,21150568 | 11 | 36,59471975 |
| 12 | 70,34327759 | 12 | 12,24632967 | 12 | 56,74143415 | 12 | 18,29432432 |
| 13 | 64,49454114 | 13 | 28,63116438 | 13 | 55,15323838 | 13 | 31,71732737 |
| 14 | 10,28862179 | 14 | 59,6329455 | 14 | 65,80701801 | 14 | 44,40713315 |
| 15 | 27,01684492 | 15 | 58,41465322 | 15 | 54,09811671 | 15 | 38,0200561 |
| 16 | 19,26631879 | 16 | 16,5786162 | 16 | 31,61247166 | 16 | 25,42309859 |
| 17 | 66,76529201 | 17 | 25,12345416 | 17 | 58,21338983 | 17 | 12,29435065 |
| 18 | 55,3044507 | 18 | 37,5706993 | 18 | 49,63323424 | 18 | 64,28627401 |
| 19 | 27,29395161 | 19 | 27,16742424 | 19 | 67,86822115 | 19 | 59,72641026 |
| 20 | 27,53129032 | 20 | 26,34030566 | 20 | 41,06937063 | 20 | 58,35173541 |
| 21 | 25,2335 | 21 | 32,2416762 | 21 | 35,40033937 | 21 | 58,0407033 |
| 22 | 26,09304957 | 22 | 24,18931159 | 22 | 77,42128588 | 22 | 45,49982394 |
| 23 | 27,72186147 | 23 | 5,881753247 | 23 | 58,61627329 | 23 | 58,6173104 |
| 24 | 33,2923913 | 24 | 33,63428571 | 24 | 52,5258042 | 24 | 42,37775735 |
| 25 | 24,525 | 25 | 22,10704225 | 25 | 70,58091378 | 25 | 66,55193182 |
| 26 | 35,73642857 | 26 | 25,8333025 | 26 | 30,45138015 | 26 | 55,34518717 |
| 27 | 33,34681319 | 27 | 38,75825893 | 27 | 56,80494071 | 27 | 11,70740741 |
| 28 | 11,44906716 | 28 | 2,918993326 | 28 | 40,37287785 | 28 | 17,90879237 |
| 29 | 10,73183731 | 29 | 33,16365672 | 29 | 33,41369048 | 29 | 8,718119068 |
| 30 | 14,20758621 | 30 | 50,43683036 | 30 | 38,2638806 | 30 | 7,747608454 |
| 31 | 31,86484792 | 31 | 49,2315706 | 31 | 39,32986982 | 31 | 20,92245763 |
| 32 | 30,89410022 | 32 | 36,34213075 | 32 | 20,92298851 | 32 | 50,83444344 |
| 33 | 15,14620879 | 33 | 10,46179586 | 33 | 34,58543134 | 33 | 14,47445629 |
| 34 | 16,84777518 | 34 | 35,86855359 | 34 | 19,44914369 | 34 | 42,22050705 |
| 35 | 15,26038845 | 35 | 35,93725675 | 35 | 60,89136364 | 35 | 27,31673469 |
| 36 | 9,686797488 | 36 | 22,51269231 | 36 | 61,69116883 | 36 | 17,65492958 |
| 37 | 19,63425872 | 37 | 12,61596452 | 37 | 34,80353731 | 37 | 20,90986133 |
| 38 | 15,48049558 | 38 | 15,15809874 | 38 | 23,3840589 | 38 | 27,15321494 |
| 39 | 14,32846467 | 39 | 38,24821978 | 39 | 9,578473544 | 39 | 27,89025036 |

| | | | | | | | |
|----|-------------|----|-------------|----|--------------|----|-------------|
| 40 | 13,33862405 | 40 | 5,756709957 | 40 | 41,61031746 | 40 | 52,35658741 |
| 41 | 28,93690476 | 41 | 3,331792646 | 41 | 48,82755102 | 41 | 46,28661972 |
| 42 | 25,76363636 | 42 | 34,87542017 | 42 | 52,27095299 | 42 | 22,26915207 |
| 43 | 4,284827586 | 43 | 27,50978702 | 43 | 41,652597 | 43 | 50,15048077 |
| 44 | 9,860916955 | 44 | 40,81108742 | 44 | 59,20488281 | 44 | 27,20866739 |
| 45 | 7,634932127 | 45 | 39,01704545 | 45 | 54,92386213 | 45 | 21,10887681 |
| 46 | 20,12307692 | 46 | 33,30961086 | 46 | 51,67767857 | 46 | 42,30350346 |
| 47 | 39,56013986 | 47 | 37,48850456 | 47 | 37,43029234 | 47 | 30,3545738 |
| 48 | 33,61659091 | 48 | 26,48239437 | 48 | 75,32678571 | 48 | 16,94571993 |
| 49 | 18,18379653 | 49 | 34,54596774 | 49 | 67,42196162 | 49 | 28,07735609 |
| 50 | 17,44493213 | 50 | 3,162197802 | 50 | 13,16118405 | 50 | 44,71494718 |
| 51 | 49,17969328 | 51 | 17,52655087 | 51 | 64,9184432 | 51 | 30,81828645 |
| 52 | 39,63950226 | 52 | 14,80271248 | 52 | 41,57628676 | 52 | 97,10703934 |
| 53 | 38,86269231 | 53 | 15,20167224 | 53 | 60,290625 | 53 | 65,75290471 |
| 54 | 35,14351648 | 54 | 11,73362841 | 54 | 51,03879641 | 54 | 56,33675481 |
| 55 | 27,13873702 | 55 | 21,77267075 | 55 | 35,74558824 | 55 | 66,36628458 |
| 56 | 36,29304435 | 56 | 9,408567775 | 56 | 22,6175 | 56 | 39,09358209 |
| 57 | 38,91906738 | | | 57 | 23,344984375 | | |
| 58 | 34,72965517 | | | 58 | 46,75490683 | | |
| 59 | 27,04963235 | | | 59 | 17,25956581 | | |
| 60 | 45,73309426 | | | 60 | 33,47392004 | | |
| 61 | 15,84621849 | | | 61 | 15,26 | | |
| 62 | 33,83018433 | | | 62 | 40,76198157 | | |
| 63 | 26,0313847 | | | 63 | 72,32223806 | | |
| 64 | 10,12361893 | | | 64 | 39,78090226 | | |
| | | | | 65 | 36,38661058 | | |
| | | | | 66 | 43,41134615 | | |
| | | | | 67 | 39,33128079 | | |
| | | | | 68 | 52,19158485 | | |

Tabla IV.

Resultados obtenidos del ciclaje con NaOCl al 12% se detallan en la tabla V:

| SSeC27 | | SSeS27 | | SErC27 | | SErS27 | |
|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|--------------|
| Nº de varilla | MPa | Nº de varilla | MPa | Nº de varilla | MPa | Nº de varilla | MPa |
| 1 | 7,622585034 | 1 | 54,26406926 | 1 | 13,31357143 | 1 | 67,33983051 |
| 2 | 4,647835498 | 2 | 46,47055901 | 2 | 62,48765625 | 2 | 38,13165865 |
| 3 | 6,8203125 | 3 | 19,58639589 | 3 | 7,189966793 | 3 | 28,64628099 |
| 4 | 9,215584133 | 4 | 7,34630137 | 4 | 57,01210938 | 4 | 8,757621269 |
| 5 | 3,694707207 | 5 | 25,59213287 | 5 | 34,85488479 | 5 | 43,99636364 |
| 6 | 2,516557836 | 6 | 20,57340153 | 6 | 5,299655172 | 6 | 19,525677308 |
| 7 | 12,33166801 | 7 | 12,93064197 | 7 | 3,696521739 | 7 | 46,60187166 |
| 8 | 16,10826613 | 8 | 29,9909824 | 8 | 8,504205515 | 8 | 54,7038166 |
| 9 | 13,2028169 | 9 | 38,27823529 | 9 | 10,86903409 | 9 | 11,66530032 |
| 10 | 8,014705882 | 10 | 39,5790553 | 10 | 24,93824176 | 10 | 13,86965944 |
| 11 | 3,662305183 | 11 | 38,76807958 | 11 | 16,538023 | 11 | 36,89005376 |
| 12 | 6,856076759 | 12 | 37,10710626 | 12 | 31,54627016 | 12 | 57,34665179 |
| 13 | 7,402070393 | 13 | 32,46043956 | 13 | 47,25197947 | 13 | 38,55802139 |
| 14 | 15,55275098 | 14 | 48,56802721 | 14 | 14,57704688 | 14 | 30,5673913 |
| 15 | 29,23669951 | 15 | 12,28504136 | 15 | 12,54177019 | 15 | 32,42726076 |
| 16 | 24,50807453 | 16 | 36,5017214 | 16 | 26,82421875 | 16 | 24,56757813 |
| 17 | 6,247877038 | 17 | 24,07784011 | 17 | 40,3034564 | 17 | 25,51681985 |
| 18 | 18,17304653 | 18 | 28,59726708 | 18 | 27,17264516 | 18 | 15,42268657 |
| 19 | 21,53103896 | 19 | 19,47985714 | 19 | 11,36606897 | 19 | 19,10120192 |
| 20 | 16,29457627 | 20 | 9,909130435 | 20 | 8,046479836 | 20 | 12,36654545 |
| 21 | 25,14942932 | 21 | 7,784604419 | 21 | 31,09015385 | 21 | 6,226857457 |
| 22 | 17,62474576 | 22 | 25,88658863 | 22 | 6,686616848 | 22 | 26,76498829 |
| 23 | 20,33133117 | 23 | 35,81428571 | 23 | 19,33971429 | 23 | 9,828200371 |
| 24 | 2,913364055 | 24 | 24,72787224 | 24 | 11,29787033 | 24 | 32,5088961 |
| 25 | 5,422087068 | 25 | 28,96161804 | 25 | 19,22510593 | 25 | 7,869809144 |
| 26 | 5,035365449 | 26 | 19,60652473 | 26 | 17,25759184 | 26 | 4,939300699 |
| 27 | 37,69760742 | 27 | 24,0115942 | 27 | 9,845934066 | 27 | 9,88996139 |
| 28 | 22,961678 | 28 | 10,00545541 | 28 | 21,16003788 | 28 | 6,678683036 |
| 29 | 19,03032787 | 29 | 23,26155513 | 29 | 23,16144788 | 29 | 13,41210938 |

| | | | | | | | |
|----|--------------|----|-------------|----|-------------|----|-------------|
| 30 | 24,19985795 | 30 | 11,37080372 | 30 | 12,75415684 | 30 | 22,12860294 |
| 31 | 19,6117511 | 31 | 7,419507411 | 31 | 17,321188 | 31 | 32,77164319 |
| 32 | 15,70338983 | 32 | 32,72162698 | 32 | 26,67429577 | 32 | 72,55698113 |
| 33 | 18,84194079 | 33 | 26,03037084 | 33 | 7,04961039 | 33 | 65,06814988 |
| 34 | 31,66049622 | 34 | 15,77050633 | 34 | 8,750704225 | 34 | 35,10441176 |
| 35 | 22,98854795 | 35 | 39,64722481 | 35 | 12,95320408 | 35 | 13,03355114 |
| 36 | 7,711548999 | 36 | 28,52094862 | 36 | 9,486593407 | 36 | 18,93253615 |
| 37 | 18,87549107 | 37 | 34,54131615 | 37 | 55,99304285 | 37 | 63,26627358 |
| 38 | 11,30972857 | 38 | 11,61523002 | 38 | 6,005265411 | 38 | 35,47740385 |
| 39 | 19,70079189 | 39 | 5,023425042 | 39 | 30,37592633 | 39 | 17,22669983 |
| 40 | 24,868778118 | 40 | 7,361817782 | 40 | 11,85208163 | 40 | 30,94365234 |
| 41 | 3,455630547 | 41 | 23,45010661 | 41 | 7,89443787 | 41 | 32,50477612 |
| 42 | 26,4787563 | 42 | 43,23211146 | 42 | 13,19122449 | 42 | 45,08636364 |
| 43 | 43,63594238 | 43 | 17,01717993 | 43 | 63,16560168 | 43 | 8,517209302 |
| 44 | 22,52395522 | 44 | 10,29353383 | 44 | 53,5111086 | 44 | 27,84002523 |
| 45 | 8,808315565 | 45 | 13,24752049 | 45 | 17,4945 | 45 | 19,76905983 |
| 46 | 12,83444496 | 46 | 41,61164835 | 46 | 63,59955357 | 46 | 26,59315299 |
| 47 | 28,72862216 | 47 | 15,97302372 | 47 | 47,88022204 | 47 | 18,27950311 |
| 48 | 14,34088983 | 48 | 38,02287841 | 48 | 53,97794609 | | |
| 49 | 34,42332016 | 49 | 4,459090909 | 49 | 7,526553447 | | |
| | | 50 | 22,89412879 | 50 | 26,20379464 | | |
| | | 51 | 36,06146853 | 51 | 48,13795918 | | |
| | | 52 | 6,993946731 | 52 | 52,29484615 | | |
| | | 53 | 23,4259283 | 53 | 12,12253102 | | |
| | | 54 | 39,05082645 | 54 | 8,776869565 | | |
| | | | | 55 | 7,827876923 | | |
| | | | | 56 | 5,23957529 | | |
| | | | | 57 | 11,349274 | | |
| | | | | 58 | 17,56148194 | | |
| | | | | 59 | 27,08519056 | | |
| | | | | 60 | 43,09882041 | | |

Tabla V.

Y por último, los datos obtenidos de la microtracción luego del ciclaje con agua destilada corresponden a:

| SSeC1 | | SSeS1 | | SErC1 | | SErS1 | |
|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| Nº de varilla | MPa | Nº de varilla | MPa | Nº de varilla | MPa | Nº de varilla | MPa |
| 1 | 5,46703125 | 1 | 41,68490712 | 1 | 38,25554577 | 1 | 10,26007828 |
| 2 | 19,11038961 | 2 | 69,324 | 2 | 8,745952381 | 2 | 10,36921739 |
| 3 | 40,64736683 | 3 | 37,0807619 | 3 | 48,68080645 | 3 | 15,8609476 |
| 4 | 23,435 | 4 | 29,43 | 4 | 59,22165899 | 4 | 7,778785953 |
| 5 | 26,88407143 | 5 | 30,18997868 | 5 | 47,24848124 | 5 | 15,72697003 |
| 6 | 51,5025 | 6 | 51,47627005 | 6 | 24,99714471 | 6 | 9,011511628 |
| 7 | 24,38485714 | 7 | 32,2781941 | 7 | 34,71203852 | 7 | 8,114849498 |
| 8 | 30,0888806 | 8 | 30,64156688 | 8 | 70,15453036 | 8 | 9,004347826 |
| 9 | 30,20320197 | 9 | 41,2741806 | 9 | 40,50645492 | 9 | 6,139591837 |
| 10 | 21,26777344 | 10 | 35,11815126 | 10 | 31,97938726 | 10 | 43,6207619 |
| 11 | 20,94357143 | 11 | 47,19713574 | 11 | 46,81809524 | 11 | 7,974019934 |
| 12 | 7,76917571 | 12 | 17,97396336 | 12 | 47,65953079 | 12 | 53,57033673 |
| 13 | 41,18886161 | 13 | 32,08172269 | 13 | 24,28313609 | 13 | 53,74227018 |
| 14 | 23,44150746 | 14 | 12,89151243 | 14 | 21,90029056 | 14 | 47,79380584 |
| 15 | 75,63885246 | 15 | 18,9074092 | 15 | 26,68384363 | 15 | 56,33506329 |
| 16 | 35,5532721 | 16 | 28,27290518 | 16 | 22,38711458 | 16 | 9,754261364 |
| 17 | 27,94241803 | 17 | 14,24880927 | 17 | 29,50252016 | 17 | 44,2244332 |
| 18 | 37,58256659 | 18 | 37,1752593 | 18 | 31,25365385 | 18 | 45,49843444 |
| 19 | 33,60411059 | 19 | 44,51566398 | 19 | 25,47157895 | 19 | 45,69162161 |
| 20 | 25,0965572 | 20 | 36,55641337 | 20 | 56,95862939 | 20 | 21,00196429 |
| 21 | 24,82346728 | 21 | 13,75088315 | 21 | 51,95111633 | 21 | 55,97156395 |
| 22 | 12,26824356 | 22 | 25,94817814 | 22 | 40,8053267 | 22 | 47,61017613 |
| 23 | 1,289872068 | 23 | 37,42632197 | 23 | 15,39479744 | 23 | 5,590257353 |
| 24 | 7,673026316 | 24 | 35,22296564 | 24 | 12,15152715 | 24 | 61,54200426 |
| 25 | 2,252706397 | 25 | 21,26393443 | 25 | 58,02472826 | 25 | 19,42615094 |

| | | | | | | | |
|----|-------------|----|-------------|----|--------------|----|-------------|
| 26 | 15,34304762 | 26 | 27,8615007 | 26 | 51,8090625 | 26 | 37,15420916 |
| 27 | 8,945219216 | 27 | 15,81541751 | 27 | 48,51583807 | 27 | 21,56526652 |
| 28 | 4,067189441 | 28 | 8,868415179 | 28 | 60,87939328 | 28 | 49,32440559 |
| 29 | 46,52987502 | 29 | 32,31529412 | 29 | 16,75067194 | 29 | 37,01045455 |
| 30 | 35,93209694 | 30 | 9,446232057 | 30 | 39,58536096 | 30 | 17,18330983 |
| 31 | 5,710985915 | 31 | 11,8304878 | 31 | 27,92076923 | 31 | 17,48928836 |
| 32 | 24,53643357 | 32 | 38,83911058 | 32 | 62,42989418 | 32 | 39,86319825 |
| 33 | 16,33871636 | 33 | 38,3203125 | 33 | 10,59953722 | 33 | 35,67915865 |
| 34 | 27,58173913 | 34 | 53,93059701 | 34 | 16,05380435 | 34 | 32,34039589 |
| 35 | 30,80202797 | 35 | 35,90332142 | 35 | 10,73970588 | 35 | 45,0371439 |
| 36 | 41,87466033 | 36 | 32,43257003 | 36 | 35,98946429 | 36 | 64,99378882 |
| 37 | 32,63727621 | 37 | 28,22899242 | 37 | 20,56054895 | 37 | 45,44734872 |
| 38 | 30,65061983 | 38 | 30,315625 | 38 | 67,96182249 | 38 | 57,09171196 |
| 39 | 30,50373134 | 39 | 19,77571429 | 39 | 54,5 | 39 | 52,6265625 |
| 40 | 5,493842822 | 40 | 6,755013699 | 40 | 6,021483376 | 40 | 34,6548913 |
| 41 | 10,39136402 | 41 | 36,52313433 | 41 | 32,10708791 | 41 | 24,95421245 |
| 42 | 24,13571429 | | | 42 | 16,96203209 | | |
| 43 | 36,28819876 | | | 43 | 13,60375132 | | |
| 44 | 32,22429957 | | | 44 | 47,69024698 | | |
| 45 | 19,25106075 | | | 45 | 51,84761571 | | |
| 46 | 13,46209239 | | | 46 | 34,86323077 | | |
| 47 | 23,82826705 | | | 47 | 29,49781106 | | |
| 48 | 10,34315217 | | | 48 | 37,93762429 | | |
| 49 | 25,74076923 | | | 49 | 32,09326172 | | |
| | | | | 50 | 60,41791563 | | |
| | | | | 51 | 64,76132813 | | |
| | | | | 52 | 55,33667377 | | |
| | | | | 53 | 23,21941032 | | |
| | | | | 54 | 55,37722603 | | |
| | | | | 55 | 16,662215109 | | |
| | | | | 56 | 59,86985294 | | |
| | | | | 57 | 47,88778468 | | |
| | | | | 58 | 39,74920551 | | |
| | | | | 59 | 49,28593074 | | |
| | | | | 60 | 50,06610169 | | |
| | | | | 61 | 5,718212989 | | |

Tabla VI.

Los tres tipos de fallas de la interfase dentina-resina se presentaron con la siguiente frecuencia:

| Estrategia Adhesiva | Ciclaje | Clorhexidina | Patrón de Fractura | | |
|---------------------|------------------------|--------------|--------------------|------------|------------|
| | | | A | C | M |
| SE | Inmediato | Sin CHX | 37 (66%) | 9 (16%) | 10 (18%) |
| | | Con CHX | 48 (75%) | 9 (14%) | 7(11%) |
| | NaOCl | Sin CHX | 40 (74%) | 5 (9%) | 9 (17%) |
| | | Con CHX | 38 (78%) | 4 (8%) | 7 (14%) |
| | 1 Mes H ₂ O | Sin CHX | 33 (80%) | 6 (15%) | 2 (5%) |
| | | Con CHX | 47 (96%) | 2 (4%) | 0 (0%) |
| ER | Inmediato | Sin CHX | 46 (82%) | 6 (11%) | 4(7%) |
| | | Con CHX | 44 (65%) | 12 (17,5%) | 12 (17,5%) |
| | NaOCl | Sin CHX | 42 (89%) | 2 (5%) | 3 (6%) |
| | | Con CHX | 48 (80%) | 3 (5%) | 9 (15%) |
| | 1 Mes H ₂ O | Sin CHX | 38 (93%%) | 3 (7%) | 0 (0%) |
| | | Con CHX | 48 (79%) | 11 (18%) | 2 (3%) |

Tabla VII. Número y porcentaje de especímenes evaluados (%) de acuerdo con el patrón de fractura según cada grupo experimental. A- fractura adhesiva; C – fractura cohesiva; M- fractura mixta.

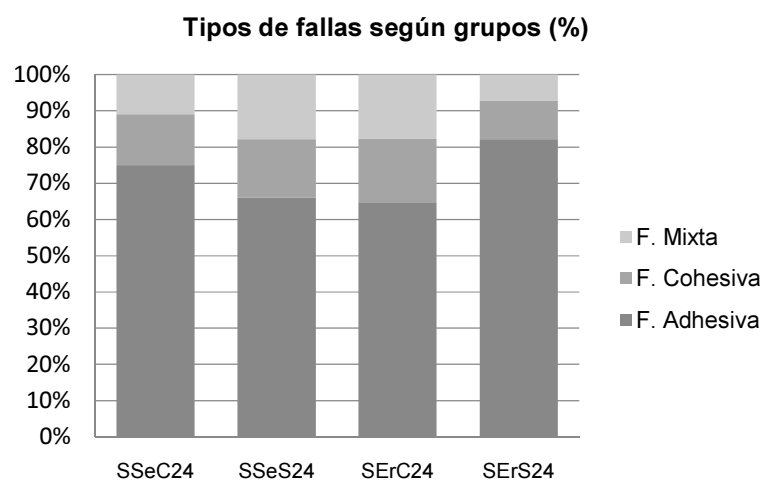


Gráfico 1. Ciclaje inmediato

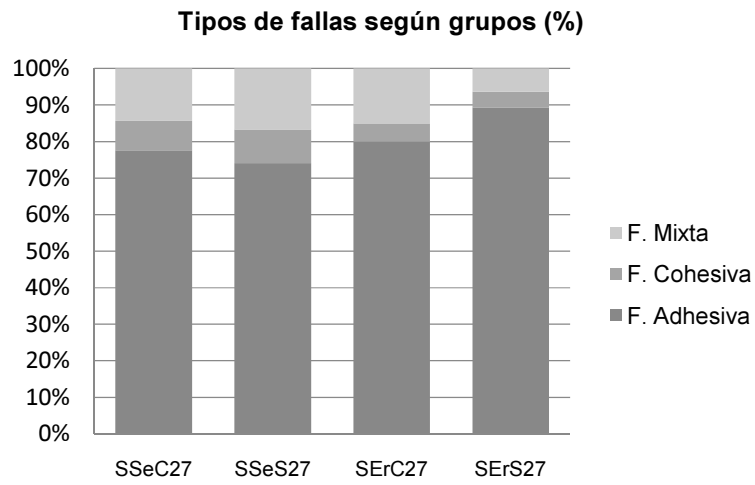


Gráfico 2. Ciclaje NaOCl

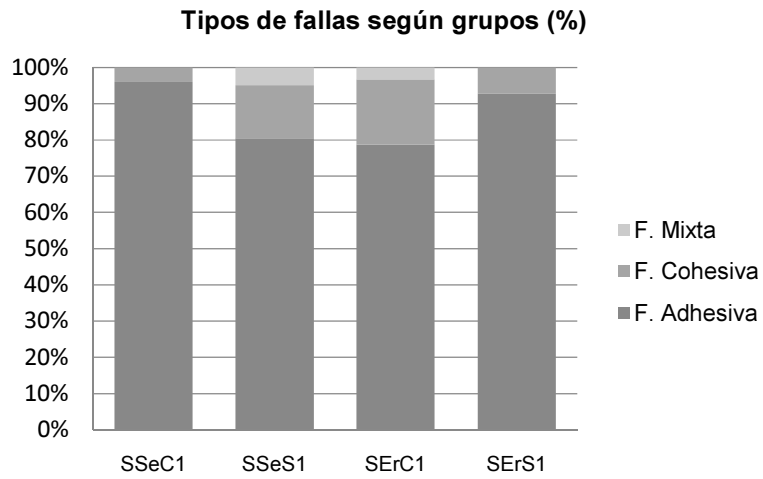


Gráfico 3. Ciclaje 1 mes en H2O

2. Nanoinfiltración (NL)

En las imágenes obtenidas con la microscopía electrónica de barrido se observa la nanoinfiltración a través de las sales de nitrato de plata, ocurrida en las distintas técnicas de aplicación y los tiempos de evaluación (Fig. 20).

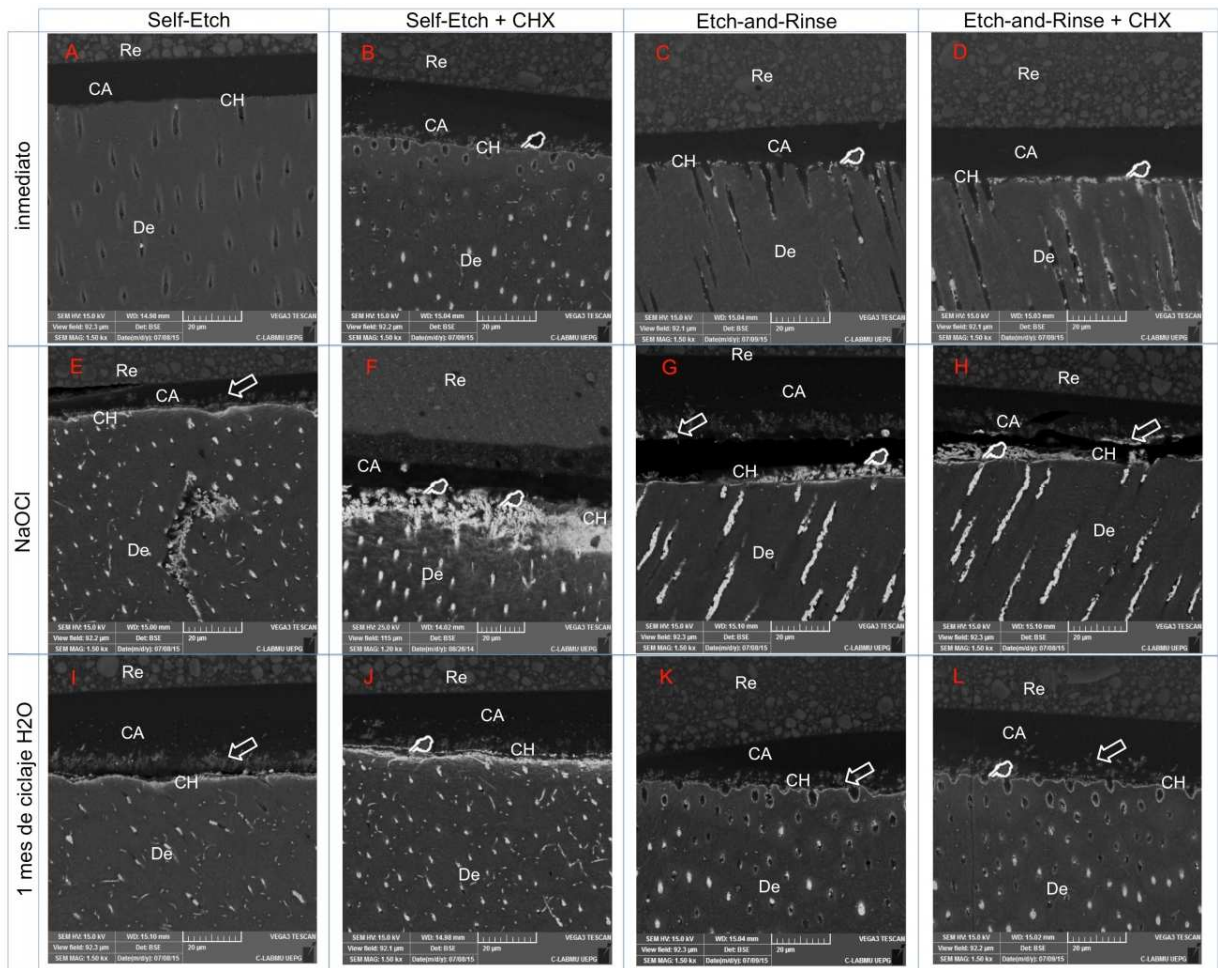


Fig. 20 Imágenes de microscopía electrónica de barrido bajo la técnica *backscattering* de las interfaces adhesivas resina[Re]-dentina[De] por cada grupo experimental según las técnicas *etch-and-rinse* [ER] y *self-etch* [SE], seleccionadas por ser las más representativas, donde es posible observar la nanoinfiltración de sales de nitrato de plata amoniacal (blanco) en las diferentes áreas de la interfase: base de la capa híbrida [CH] (mano indicadora) y a través de la capa adhesiva [CA] formando los "water trees" (flecha indicadora).

VIII. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la evaluación de μTBS y la NL se considera como unidad experimental el diente, por lo que los valores de cada varilla fueron promediados con un fin estadístico. Los datos de μTBS (MPa) y NL (%) fueron evaluados a través del test ANOVA dos factores. El test Tukey's fue utilizado para comparar los procedimientos de los grupos experimentales ($\alpha=0,005$), utilizando el Software Estadístico para Windows (StatSoft, Tulsa, OK, USA).

1. Análisis de resistencia a la microtracción (μTBS)

Los valores (media \pm desviación estándar) de la fuerza de unión a la microtracción (μTBS) en MPa obtenidos para cada grupo experimental según cada estrategia adhesiva se resumen a continuación:

| Estrategia Adhesiva | Clorhexidina | Ciclaje | | |
|---------------------|--------------|------------------|----------------------|---------------------------|
| | | Inmediato | NaOCl | 1 Mes en H ₂ O |
| ER | Sin CHX | 41,3 \pm 6 A,a | 22,3 \pm 8 A,c | 28,9 \pm 7 A,B,b |
| | Con CHX | 44,2 \pm 7 A,a | 21,9 \pm 5 A,c | 36,8 \pm 8 A,a |
| SE | Sin CHX | 30,3 \pm 5 B,b | 23,8 \pm 5 A,c | 28,5 \pm 6 A,B,b |
| | Con CHX | 31,2 \pm 6 B,b | 17,3 \pm 5 A,B,c,d | 24,5 \pm 7 B,c |

Tabla VIII. Letras mayúsculas (estrategia adhesiva) y letras minúsculas (ciclaje) representan el análisis estadístico según las distintas propiedades evaluadas ($p < 0.05$).

1.1 Medición Inmediata (a las 24 horas)

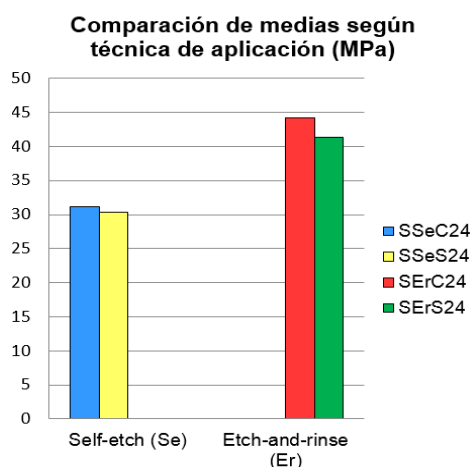


Gráfico 4.

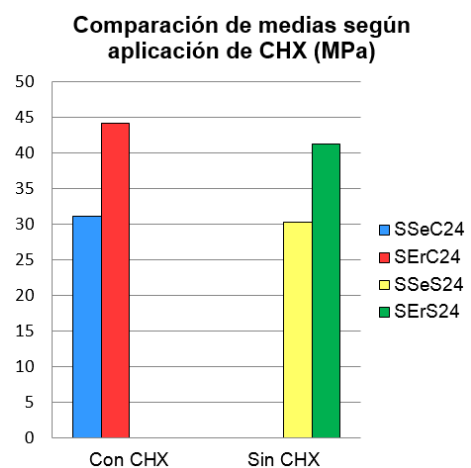


Gráfico 5.

Como se evidencia en el gráfico 4 se presentó una diferencia entre las estrategias de adhesión, que si bien no tienen una diferencia estadísticamente significativa existe una tendencia de valores más altos con la estrategia *etch-and-rinse*. El gráfico 5 muestra que no hubo diferencia entre la aplicación o no de CHX para la medición inmediata de la μ TBS.

1.2 Medición post ciclaje con hipoclorito de sodio al 12%

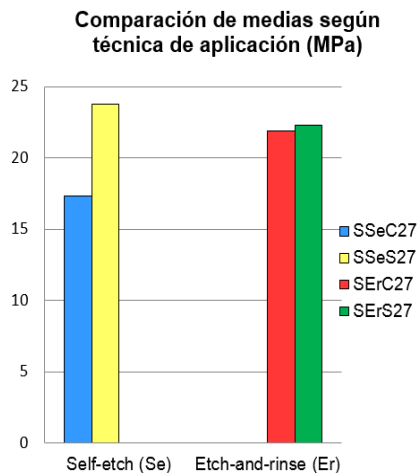


Gráfico 6.

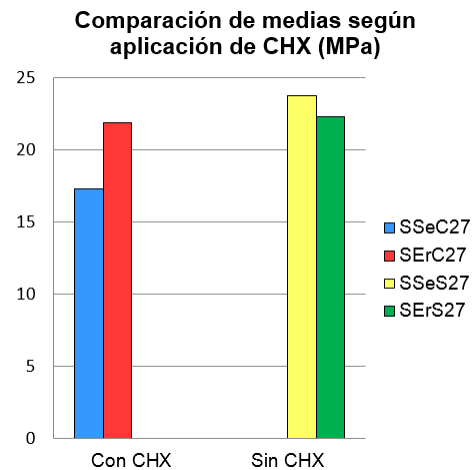


Gráfico 7.

Según los valores de la tabla VIII, se observa una diferencia estadísticamente significativa de todos los grupos sometidos a ciclaje con NaOCl al 12% en relación a su control (medición inmediata). El grupo SErC27 fue el que disminuyó más su valor respecto a su control.

En relación al análisis intragrupo el único que presentó una diferencia estadísticamente significativa fue SSeC27. Los tres grupos restantes no presentaron diferencia estadísticamente significativa según la aplicación o no de CHX.

1.3 Medición post ciclaje de 1 mes con agua destilada

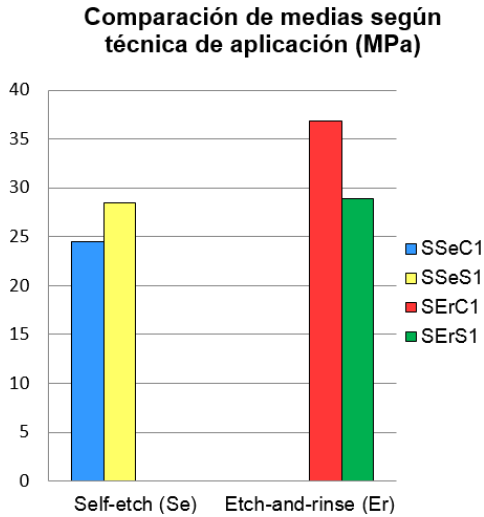


Gráfico 8.

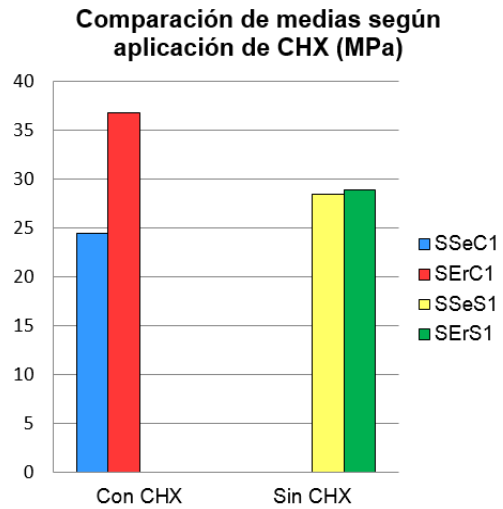


Gráfico 9.

Según la tabla VIII todos los grupos disminuyeron sus valores respecto a sus controles, pero esta diferencia no es estadísticamente significativa. Sin embargo, el grupo SErC1 presenta una diferencia estadísticamente significativa en comparación a los demás grupos sometidos al mismo ciclaje.

La estrategia adhesiva *etch-and-rinse* presentó una disminución mayor respecto a sus controles y dentro de ella existió una diferencia estadísticamente significativa en relación al uso de CHX, presentando mejores resultados el grupo SErC1 (gráfico 8).

En el gráfico 9 se muestra una marcada diferencia entre las estrategias adhesivas con el uso de CHX, presentando el grupo SSeC1 los valores más bajos de esta medición.

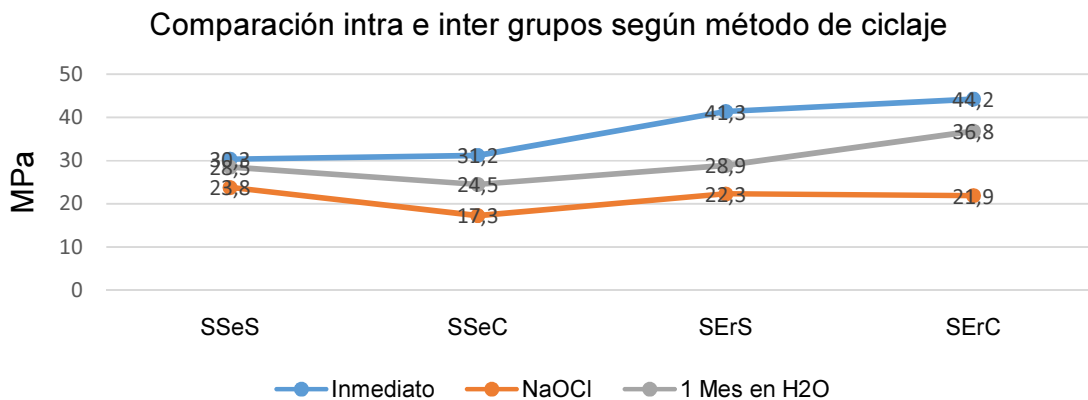


Gráfico 10.

Del gráfico 10 se desglosa que el ciclaje con NaOCl al 12% presentó los valores más bajos de todas las mediciones. En segundo lugar, se ubica el ciclaje de un mes en agua destilada, en donde el grupo SSeS1 tuvo una disminución mínima respecto a su control en comparación a los demás grupos sometidos al mismo ciclaje.

Con respecto al grupo SErC se evidencia la mayor variabilidad que obtuvo en las diferentes mediciones en comparación con los demás grupos experimentales.

2. Análisis de nanoinfiltración (NL)

Los valores (medias \pm desviación estándar) de la nanoinfiltración (NL) obtenidos de los diferentes grupos experimentales según cada estrategia adhesiva (%), se presentan en la siguiente tabla:

| Estrategia Adhesiva | Clorhexidina | Ciclaje | | |
|---------------------|--------------|-------------------|------------------|---------------------------|
| | | Inmediato | NaOCl | 1 Mes en H ₂ O |
| ER | Sin CHX | 2,9 \pm 2 A,B,a | 13,9 \pm 3 A,c | 8,2 \pm 2 A,b |
| | Con CHX | 2,7 \pm 1 A,a | 17,9 \pm 4 A,c | 9,3 \pm 3 A,B,b |
| SE | Sin CHX | 1,6 \pm 2 A,a | 12,3 \pm 4 A,c | 6,8 \pm 3 A,b |
| | Con CHX | 2,1 \pm 1 A,a | 15,7 \pm 3 A,c | 7,3 \pm 2 A,b |

Tabla IX.

En la medición inmediata todos los grupos presentaron bajos niveles de NL, presentando mayores niveles la estrategia adhesiva *etch-and-rinse*, sin embargo esta diferencia no es estadísticamente significativa.

En relación al ciclaje con NaOCl se observa un aumento evidente de la NL respecto a los controles, sin embargo entre ellos no existe una diferencia estadísticamente significativa.

En la evaluación del ciclaje con agua destilada se observa un aumento en los valores de NL con respecto al control siendo este menor al demostrado con el ciclaje con NaOCl al 12%, no obstante este no es estadísticamente significativo. No se observa en el análisis intragrupal una diferencia estadísticamente significativa.

IX. DISCUSIÓN

La disminución de la resistencia de la unión dentina-resina se encuentra en parte relacionada a la hidrólisis de la matriz de las fibrillas colágenas de la capa híbrida, en conjunto con la degradación de los polímeros de resina de la capa adhesiva⁶⁶.

Debido a que existen numerosos factores involucrados en la degradación de la capa híbrida se han propuesto distintos métodos para reproducir situaciones clínicas y simular el ambiente oral para evaluar la durabilidad de las uniones dentinarias.

Se ha realizado un ciclaje en NaOCl por un tiempo relativamente corto como método para acelerar el envejecimiento de la unión resina-dentina, permitiendo determinar en qué magnitud los monómeros de resina logran proteger la matriz colágena de la degradación proteolítica⁶⁸.

En este estudio *in vitro* se utilizó una solución de NaOCl al 12% por 90 minutos para evaluar la resistencia de la capa híbrida a la degradación hidrolítica habiéndose realizado distintos procedimientos de adhesión.

Los resultados muestran que la resistencia de la unión dentina-resina a la microtracción obtenida al utilizar un sistema adhesivo universal en sus modalidades *self-etch* y *etch-and-rinse* con y sin la aplicación de clorhexidina disminuye efectivamente al utilizar una solución de NaOCl al 12% en todos los grupos experimentales, demostrando un ciclaje efectivo, debido a la degradación que el NaOCl genera sobre la matriz colágena. Es sabido que el NaOCl es capaz de formar radicales superóxidos en solución acuosa, lo que induce una oxidación que fragmenta cadenas largas de péptidos en las proteínas⁷⁰.

Los resultados obtenidos del test de microtracción se reflejan en lo observado en las micrografías, en donde todas las muestras sometidas a este ciclaje presentaron un aumento considerable de la nanoinfiltración, además fue posible percibir que este ciclaje tiene una acción sobre el polímero de la resina, teniendo la capacidad de destruir parte de él.

En cuanto al ciclaje con agua destilada se observó efectivamente una disminución en la resistencia de unión a la microtracción de todos los grupos y un aumento en la nanoinfiltración, evidenciándose que ocurre la degradación endógena de la capa híbrida de manera acelerada al recambiar diariamente el agua destilada de los tubos eppendorf en donde se almacenaban las muestras. Esta degradación acelerada puede ser explicada por la saturación de la solución de almacenamiento. Cuando se ha alcanzado una solución saturada, se genera un equilibrio dinámico entre el soluto disuelto y el soluto que no se ha disuelto, esto se traduce en que se mantiene una cantidad de soluto constante en la solución. Por ello, con este método se consigue generar un gradiente de concentración a favor para que el soluto

(monómeros) salgan hacia la solución, aumentando la solubilidad del polímero y disminuyendo la fuerza de unión de la interfase dentina-resina⁶⁹.

En la medición inmediata se obtuvieron diferencias entre las estrategias adhesivas. Como era de esperarse, la estrategia *etch-and-rinse* obtuvo valores más altos ante la microtracción en comparación a *self-etch*. Conforme a la incorporación o no del barro dentinario en la capa híbrida.

Debido a que existen factores inherentes a los materiales y su técnica de aplicación que no son posibles de manejar, es que se hace necesario evaluar maneras de controlar los mecanismos de degradación endógenos de la dentina. En este contexto es que se ha descrito la presencia de 4 tipos de MMPs en la dentina: MMP-2 y MMP-9 (gelatinasas), MMP-8 (colagenasa) y MMP-20 (enamelisina), además de otras enzimas proteolíticas como la cisteína-catepsina⁷¹ que serían las responsables de esta degradación en el tiempo⁵³.

Se ha demostrado que la CHX puede inhibir la actividad proteolítica de algunas de estas metaloproteinasas como la MMP 2, 8 y 9⁶², lo que es beneficioso para prolongar la preservación de la capa híbrida en el tiempo.

En este estudio se utilizó una solución de digluconato de CHX al 2%, ya que esta concentración ha demostrado tener la capacidad de inhibir la actividad proteolítica de las enzimas de la matriz colágena⁵³. Y a su vez, no afecta la resistencia de unión inmediata y se obtienen resultados similares a los controles (sin aplicación de CHX)⁷².

Se comprobó que la aplicación de CHX al 2% como parte del protocolo de adhesión, posterior al grabado ácido y sin ser lavada, no disminuyó la resistencia de unión inmediata, evidenciándose que no interfiere en las propiedades esperables de los materiales de adhesión. Estos resultados son comparables con diversos estudios *in vitro*^{73,74}, donde además la CHX no produjo un efecto negativo en la fuerza de unión a dentina independiente de la concentración de la solución o del momento de aplicación⁷⁴.

El presente estudio *in vitro*, al igual que otros estudios que demuestran la preservación de la capa híbrida tratada con CHX^{73,75} fue realizado con un sólo sistema adhesivo. Sin embargo, otros estudios *in vitro* que comparan variados materiales de adhesión también han demostrado que la aplicación de CHX luego del grabado ácido no tiene efectos en la fuerza de unión inmediata.

Ante el ciclaje con NaOCl al 12%, no se puede concluir que la CHX tiene una acción inhibitoria sobre las MMPs, porque a pesar de existir degradación, no es producto de la acción de estas enzimas, sino de la acción proteolítica del NaOCl.

En relación al ciclaje en agua durante un mes, la técnica *etch-and-rinse* disminuyó en mayor medida sus valores de resistencia de unión a la microtracción

respecto de la evaluación inicial en comparación a la estrategia *self-etch*, lo que se explica por la presencia de fibrillas colágenas sin impregnar en la capa híbrida, favoreciendo la degradación endógena. Sin embargo, al comparar los dos grupos *etch-and-rinse*, el grupo al que se le aplicó CHX al 2 % tuvo un menor descenso en sus valores, lo que demuestra la acción de la CHX sobre la degradación endógena. Por el contrario, en los grupos tratados con la técnica *self-etch* no se evidenció la acción de la CHX debido a que el barro dentinario que es incorporado en la capa híbrida en las técnicas de autograbado podría actuar como una barrera física y química que impide su acción sobre las fibras colágenas. Es decir, la aplicación de CHX luego del grabado ácido en la técnica *etch-and-rinse* sería más efectiva que en *self-etch*, debido a que los inhibidores de MMPs deben actuar sobre el colágeno expuesto⁷².

Los estudios convencionales para medir longevidad utilizan como plazo mínimo 6 meses de almacenamiento de las muestras para conseguir una degradación significativa, es por ello que Montagner et al. al realizar una revisión sistemática sobre los inhibidores de las MMPs, concluyeron que la CHX al 2% beneficia la longevidad de las interfaces adhesivas en el caso de las técnicas *self-etch* y *etch-and-rinse*, a diferencia de este estudio que no logró obtener los mismos resultados para ambas estrategias. Es por esto, que en la estrategia adhesiva *self-etch* podría esperarse obtener resultados concluyentes en cuanto a la aplicación o no de CHX a los 6 meses de almacenamiento, tiempo en que la barrera de barro dentinario ya ha sufrido una degradación.

Es importante señalar que según los datos obtenidos el NaOCI al 12% consiguió una degradación sin una diferencia estadísticamente significativa respecto del ciclaje en agua destilada, lo que lo convierte en un método rápido, reproducible y estandarizado para generar degradación. Sin embargo su utilidad está limitada al estudio de la conformación física de la capa híbrida y no permite evaluar metodologías que están enfocadas en el estudio de la longevidad de la interfase dentina-resina.

X. CONCLUSIONES

La aplicación de digluconato de clorhexidina al 2% previa a la utilización de un adhesivo universal en su modalidad *etch-and-rinse*, es un paso útil en el protocolo de aplicación debido a su efecto sobre la degradación endógena que permitiría aumentar la estabilidad de la capa híbrida en el tiempo.

La incorporación de clorhexidina al 2% en los protocolos de adhesión *etch-and-rinse* y *self-etch* del adhesivo universal Single Bond Universal (3M ESPE) no interfiere en el comportamiento inmediato de su interfase adhesiva.

El ciclaje con hipoclorito de sodio al 12% efectivamente produce una degradación de la interfase adhesiva en un corto plazo, lo que lo convierte en un método válido para realizar estudios *in vitro*. Por otro lado, el ciclaje con agua destilada es un método eficaz de aceleración del envejecimiento *in vitro*.

XI. SUGERENCIAS

Según la literatura para el estudio de la degradación de la interfase adhesiva se debe realizar una evaluación de la microtracción mínimo a los 6 meses de almacenamiento de los especímenes⁷⁴. En relación a esto, se sugiere la realización de un estudio que agregue esta variable a la metodología. Por otro lado, la incorporación de la evaluación a los 6 meses, permitiría establecer si existe alguna equivalencia del ciclaje con hipoclorito de sodio al 12% y con agua destilada en la degradación de la capa híbrida.

XII. RESUMEN

Objetivo: evaluar el efecto del uso de clorhexidina al 2% en la estabilidad de las propiedades de unión de la interfase dentina-restauración del sistema adhesivo Single Bond Universal (3M ESPE) en sus dos estrategias; *self-etch* (Se) y *etch-and-rinse* (Er).

Materiales y Métodos: Se le expuso una superficie plana de dentina a 28 terceros molares dividiéndose aleatoriamente en 4 grupos según estrategia adhesiva y aplicación o no de CHX. Fueron seccionados longitudinalmente y subdivididos en 3 grupos según el tiempo de evaluación: Se con CHX a las 24 horas (SSeC24), Se sin CHX a las 24 horas (SSeS24), Se con CHX a las 27,5 horas (SSeC27), Se sin CHX a las 27,5 horas (SSeS27), Se con CHX al mes (SSeC1), Se sin CHX al mes (SSeS1), Er con CHX a las 24 horas (SErC24), Er sin CHX a las 24 horas (SErS24), Er con CHX a las 27,5 horas (SErC27), Er sin CHX a las 27,5 horas (SErS27), Er con CHX al mes (SErC1) y Er sin CHX al mes (SErS1). Las varillas fueron sometidas a pruebas de microtracción y tres varillas por diente a nanoinfiltración.

Resultados: No hubo diferencia estadísticamente significativa en los grupos con y sin CHX en la medición inmediata. El ciclaje en NaOCl al 12% y ciclaje en agua redujeron significativamente la resistencia de unión. El ciclaje en NaOCl aumenta significativamente la nanoinfiltración.

Conclusiones: La aplicación de CHX al 2% no afecta la resistencia de unión inmediata en Se y Er y tiene un efecto beneficioso ante la degradación endógena en Er. El NaOCl al 12% y el ciclaje en agua efectivamente provocaron una degradación de las muestras.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Gómez de Ferraris M^a E, Campos Muñoz A. Histología y embriología bucodental, 2ªEdición. Editorial Médica Panamericana S.A. Madrid-España. 2002.
2. Henostroza G. Adhesión en Odontología Restauradora, 2ªEdición. Editorial Médica Ripano. Madrid-España. 2010.
3. Baratieri L, Monteiro S. Odontología Restauradora: Fundamentos y técnicas. Vol.No.1 ,1ªEdición. Santos Editorial. Sao Paulo-Brasil. 2011.
4. Van Meerbeek B, Vargas S, Inoue S, Yoshida Y, Paumans M, Lambrechts P, et al. Adhesives and cements to promote preservation dentistry. Oper Dent. 2001. 26:S119-44
5. Hernández M. Aspectos prácticos de la adhesión a dentina. Av Odontoestomatol.2004 Ene-feb. 20(1).
6. Miyashita E, Salazar A. Odontología Estética. El Estado del Arte, 1ªEdición. Editorial Artes Médicas Ltda. Sao Paulo-Brasil. 2005.
7. Leinfelder K. Hybridizing dentin-a new concept in treating dentinal surfaces. Dent Econ. 1993Apr.83(4):96-7.
8. Bayne SC, Thompson JY, Taylor DF. Sturdevent's art and science of operative dentistry. Dent Mater. 2002. 4th edition. 133-235.
9. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore Memorial Lecture. Adhesion to Enamel and Dentin: Current Status and Future Challenges. Oper Dent. 2003 May-Jun. 28(3):215-35.
10. GaroneFilho W, Murillo y Murillo JG, GaroneNetto N. Present state of acid conditioning of enamel and its recovery. Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent. 1975Jan-Feb;29(1):1-7.
11. Alves R, Nogueira E. Estética Odontológica Nueva Generación, 1ªEdición. Editorial Artes Médicas LTDA. Sao Paulo-Brasil. 2003.
12. Pashley DH, Tay FR, Breschi L, Tjäderhane L, Carvalho RM, Carrilho M, Tezvergil-Mutluay A. State of the art etch-and-rinse adhesive. Dent Mater. 2011Jan. 27(1):1-16.
13. Pashley DH. SmearLayer, physiological considerations. OperDent Suppl.1984. 3:13-29.
14. Loguercio A., Reis A. Sistemas Adhesivos. Revisión de Literatura. RODYB. 2006 May/Jun/Jul/Aug. 1 (2): 13-28.
15. Nakabayashi N., Pashley DH. Hybridization of dental hard tissues. Quintessence Pub Co. 1998 Aug. 1:54-6.
16. Tay FR, Gwinnett AJ, Pang KM, Wei SH. Resin permeation into acid-conditioned, moist, and dry dentin: A paradigm using water-free adhesive primers. J Dent Res. 1996 Apr. 75(4): 1034-44.
17. Paul SJ, Welter DA, Ghazi M & Pashley D. Nanoleakage at the dentin adhesive interface vs microtensile bond strength. Oper Dent. 1999 May-Jun. 24(3): 181-8.

18. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res.* 2005 Feb. 84(2): 118-32.
19. Perdigao J. Dentin bonding-variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dent Mat.* 2010. 26: 24-37.
20. Spencer P, Swafford JR. Unprotected protein at the dentin–adhesive interface. *Quintessence Int.* 1999 Jul. 30(7): 501-7.
21. Reis A, Loguercio AD, Azevedo CL, de Carvalho RM, da Julio Singer M, Grande RH. Moisture spectrum of demineralized dentin for adhesive systems with different solvent bases. *J Adhes Dent.* 2003 Fall. 5(3): 183-92.
22. Van Meerbeek B, Conn L Jr, Duke ES, Robinson SJ, Eick JD, Guerrero D. Correlative transmission electron microscopy examination of non-demineralized and demineralised resin-dentin interface formed by two dentin adhesive systems. *J Dent Res.* 1996 Mar. 75(3): 879-88.
23. Sano H, Shono T, Takatsu T, Hosoda H. Microporous dentin zone beneath resin-impregnated layer. *Oper Dent.* 1994 Mar-Apr. 19(2): 59-64.
24. Burrow MF, Satoh M, Tagami J. Dentin bond durability after three years using a dentin bonding agent with and without priming. *Dent Mat.* 1996 Sep. 12(5): 302-7.
25. Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. In vivo degradation of resin–dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J Dent Res.* 2000 Jun. 79(6): 1385-91.
26. Miyazaki M, Onose H, Moore BK. Analysis of the dentin–resin interface by use of laser Raman spectroscopy. *Dent Mater.* 2002 Dec. 18(8): 576-80.
27. Perdigao J., Reis A., Loguercio A. Dentin adhesion and MMPs: A comprehensive review. *J Esthet Restor Dent.* 2013 Aug. 25(4): 219-41.
28. Carvalho RM, Chersoni S, Frankenberger R, Pashley DH, Prati C, Tay FR.. A challenge to the conventional wisdom that simultaneous etching and resin infiltration always occurs in self-etch adhesives. *Biomaterials.* 2005 Mar. 26(9): 1035-42.
29. Wang Y, Spencer P. Continuing etching of an all-in-one adhesive in wet dentin tubules. *J Dent Res.* 2005 Apr. 84(4): 350-4.
30. Tay FR, Gwinnett JA, Wei SH. Relation between water content in acetone/alcohol-based primer and interfacial ultrastructure. *J Dent.* 1998 Mar. 26(2): 147-56.
31. Van Meerbeek B, De Munck J, Mattar D, Van Landuyt K, Lambrechts P. Microtensile bond strengths of an etch & rinse and self-etch adhesive to enamel and dentin as a function of surface treatment. *Oper Dent.* 2003 Sep-Oct. 28(5): 647-60.
32. Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Abe Y, Fukuda R, Okazaki M, Lambrechts P, Vanherle G. Bonding mechanism and micro-tensile bond strength of a 4-MET-based selfetching adhesive. *J Dent Res.* 2000. 79(Special Issue): 845-249.

33. Van Meerbeek B, Perdigão J, Lambrechts P, Vanherle G. The clinical performance of adhesives. *J Dent.* 1998 Jan. 26(1): 1-20.
34. Kanemura N, Sano H, Tagami J. Tensile bond strength to and SEM evaluation of ground and intact enamel surfaces. *J Dent.* 1999 Sep. 27(7): 523-30.
35. Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary selfetching adhesives part II: etching effects on unground enamel. *Dent Mater.* 2001 Sep. 17(5): 430-44.
36. Aguilera A, Guachalla J, Urbina G, Sierra M, Valenzuela V. Sistemas Adhesivos de Autograbado. Revisión Bibliográfica. *Revista Dental de Chile.* 2001. 92(2): 23-28.
37. Rotta M, Bresciani P, Moura SK, Grande RH, Hilgert LA, Baratieri LN, et al. Effects of phosphoric acid pretreatment and substitution of bonding resin on bonding effectiveness of self-etching systems to enamel. *J Adhes Dent.* 2007 Dec. 9(6): 537-45.
38. Frankenberger R, Lohbauer U, Roggendorf MJ, Naumann M, Taschner M. Selective enamel etching reconsidered: better than etch-and-rinse and self-etch?. *J Adhes Dent.* 2008 Oct. 10(5): 339-44.
39. Peumans M, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. *Dent Mater.* 2005 Sep. 21(9): 864-81.
40. Sano H, Yoshikawa T, Pereira PN, Kanemura N, Morigami M, Tagami J, et al. Long-term durability of dentin bonds made with a self-etching primer, in vivo. *J Dent Res.* 1999 Apr. 78(4): 906-11.
41. Tay FR, Pashley DH, Garcia-Godoy F, Yiu CK. Single-step, self-etch adhesives behave as permeable membranes after polymerization. Part II. Silver tracer penetration evidence. *Am J Dent.* 2004 Oct. 17(5): 315-22.
42. Malacarne J, Carvalho RM, de Goes MF, Svizero N, Pashley DH, Tay FR, et al. Water sorption/solubility of dental adhesive resins. *Dent Mater.* 2006 Oct. 22(19): 973-80.
43. Reis A., Carrilho M., Breschi L., Loguercio A.D. Overview of clinical alternatives to minimize the degradation of the resin-dentin bonds. *Oper Dent.* 2013 Jul-Aug. 38(4): E1-E25.
44. Tjaderhane L, Larjava H, Sorsa T, Uitto VJ, Larmas M, Salo T. The activation and function of host matrix metalloproteinases in dentin matrix breakdown in caries lesions. *J Dent Res.* 1998 Aug. 77(8): 1622-9.
45. Sulkala M, Larmas M, Sorsa T, Salo T, Tjaderhane L. The localization of matrix metalloproteinase-20 (MMP-20, enamelysin) in mature human teeth. *J Dent Res.* 2002 Sep. 81(9): 603-7.
46. Sulkala M, Wahlgren J, Larmas M, Sorsa T, Teronen O, Salo T, et al. The effects of MMP inhibitors on human salivary MMP activity and caries progression in rats. *J Dent Res.* 2001 Jun. 80(6): 1545-9.

47. Visse R, Nagase H. Matrix metalloproteinases and tissue inhibitors of metalloproteinases: structure, function, and biochemistry. *Circ Res*. 2003 May. 92(8): 827-39.
48. Boukpepsi T, Menashi S, Camoin L, Tencate JM, Goldberg M, Chaussain-Miller C. The effect of stromelysin-1 (MMP-3) on non-collagenous extracellular matrix proteins of demineralized dentin and the adhesive properties of restorative resins. *Biomaterials*. 2008 Nov. 29(33): 4367-73.
49. Mazzone A, Papa V, Nato F, Carrilho M, Tjaderhane L, Ruggeri A Jr., et al. Immunohistochemical and biochemical assay of MMP-3 in human dentine. *J Dent*. 2011 Mar. 39(3): 231-7.
50. Sulkala M, Tervahartiala T, Sorsa T, Larmas M, Salo T, Tjaderhane L. Matrix metalloproteinase-8 (MMP-8) is the major collagenase in human dentin. *Arch Oral Biol*. 2007 Feb. 52(2): 121-7.
51. Martin-De Las Heras S, Valenzuela A, Overall C.M. The matrix metalloproteinase gelatinase A in human dentine. *Arch Oral Biol*. 2000 Sep. 45(9): 757-65.
52. Mazzone A, Mannello F, Tay FR, Tonti GA, Papa S, Mazzotti G, et al. Zymographic analysis and characterization of MMP-2 and -9 forms in human sound dentin. *J Dent Res*. 2007 May. 86(5): 436-40.
53. Pashley DH, Tay FR, Yiu C., Hashimoto M., Breschi L., Carvalho RM., Ito S. Collagen degradation by host-derived enzymes during aging. *J Dent Res*. 2004 May. 83(3): 216-21.
54. Mazzone A, Pashley DH, Nishitani Y, Breschi L, Mannello F, Tjaderhane L, et al. Reactivation of inactivated endogenous proteolytic activities in phosphoric acid-etched dentine by etch-and-rinse adhesives. *Biomaterials*. 2006 Sep. 27(25): 4470-6.
55. Nishitani Y, Yoshiyama M, Wadgaonkar B, Breschi L, Mannello F, Mazzone A, et al. Activation of gelatinolytic/collagenolytic activity in dentin by self-etching adhesives. *Eur J Oral Sci*. 2006 Apr. 114(2): 160-6.
56. Tay FR, Pashley DH, Loushine RJ, Weller RN, Monticelli F, Osorio R. Self-etching adhesives increase collagenolytic activity in radicular dentin. *J Endod*. 2006 Sep. 32(9): 862-8.
57. De Munck J, Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Suzuki K, et al. Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res*. 2003 Feb. 82(2): 136-40.
58. Tersariol IL, Geraldini S, Minciotti CL, Nascimento FD, Paakkonen V, Martins MT, et al. Cysteine cathepsins in human dentin-pulp complex. *J Endod*. 2010 Mar. 36(3): 475-81.
59. Nascimento FD, Minciotti CL, Geraldini S, Carrilho MR, Pashley DH, Tay FR, et al. Cysteine cathepsins in human carious dentin. *J Dent Res*. 2011 Apr. 90(4): 506-11.
60. Llovera JM. Clorhexidina: Un antiséptico de nuestros tiempos. Consideraciones útiles para nuestra práctica clínica. *Revisiones SEMG*. 2008.

61. Bascones A, Morantes S. Antisépticos Orales. Revisión de la literatura y perspectiva actual. *Avances en Periodoncia*. 2006 Abr. 18(1).
62. Gendron R, Grenier D, Sorsa T, Mayrand D. Inhibition of the activities of matrix metalloproteinases 2, 8 and 9 by chlorhexidine. *Clin Diag Lab Inmunol*. 1999 May. 63(3): 437-9.
63. Pomacóndor-Hernández C. Papel de la clorhexidina en la odontología restauradora. Artículo de Revisión. *Odontología Sanmarquina*. 2010.
64. Loguercio AD, Stanislawczuk R, Polli LG, Costa JA, Michel MD, Reis A. Influence of chlorhexidine digluconate concentration and application time on resin-dentin bond strength durability. *Eur J Oral Sci*. 2009 Oct. 117(5): 587-96.
65. Heintze SD, Ruffieux C, Rousson V. Clinical performance of cervical restorations - a meta- analysis. *Dent Mater*. 2010 Oct. 26(10): 993-1000.
66. Manso AP, Bedran-Russo AK, Suh B, Pashley DH, Carvalho RM. Mechanical stability of adhesives under water storage. *Dent Mater*. 2009 Jun. 25(6): 744-9.
67. Tjäderhane L, Nascimento FD, Breschi L, Mazzoni A, Tersariol IL, Geraldeli S, et al. Optimizing dentin bond durability: control of collagen degradation by matrix metalloproteinases and cysteine cathepsins. *Dent Mater*. 2013 Jan. 29(1): 116-35.
68. Sauro S, Mannocci F, Toledano M, Osorio R, Pashley D, Watson T. EDTA or H3PO4/NaOCl dentine treatments may increase hybrid layers` resistance to degradation: A microtensile bond strength and confocal-micropermeability study. *J Dent*. 2009 Apr. 37(4): 279-88.
69. Skovron L, Kogeo D, Arana LA, Meier M, Gomes O, Reis A, et al. Effects of immersion time and frequency of water exchange on durability of etch-and-rinse adhesive. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2010 Nov. 95(2): 339-46.
70. Habelitz S, Balooch M, Marshall SJ, Balooch G, Marshall Jr GW. In situ atomic force microscopy of partially demineralized human dentin collagen fibrils. *Journal of Structural Biology* 2002.138:227–36.
71. Scaffa PM, Vidal CM, Barros N, Gesteira TF, Carmona AK, Breschi L, et al. Chlorhexidine inhibits the activity of dental cysteine cathepsins. *J Dent Res*. 2012 Apr. 91(4): 420-5.
72. Montagner AF, Sarkis-Onofre R, Pereira-Cenci T, Cenci MS. MMP Inhibitors on Dentin Stability: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Dent Res*. 2014 Jun. 93 (8):733-743.
73. Carrilho MR, Carvalho RM, de Goes MF, di Hipólito V, Geraldeli S, Tay FR, et al. Chlorhexidine Preserves Dentin Bond *in vitro*. *J Dent Res*. 2007 Jan. 86(1): 90-4.
74. Soares CJ, Pereira CA, Pereira JC, Santana FR, Prado CJ. Effect of Chlorhexidine Application on Microtensile Bond Strength to Dentin. *Oper Dent*. 2008 Mar-Apr. 33(2): 183-8.
75. Hebling J, Pashley DH, Tjäderhane L, Tay FR. Chlorhexidine Arrests Subclinical Degradation of Dentin Hybrid Layers *in vivo*. *J Dent Res*. 2005 Aug. 84(8): 741-6.

76. Dalli M, Ercan E, Zorba YO, Inca B, Sahbaz C, Bahsi E, et al. Effect of 1% chlorhexidine gel on the bonding strength to dentin. *J Dent Sci.* 2010 Mar. 5(1): 8-13.

XIII. ANEXO

CONSENTIMIENTO INFORMADO DE DONACIÓN DE DIENTE

Seminario de Tesis: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CLORHEXIDINA AL 2% EN LA ESTABILIDAD DE LAS PROPIEDADES DE UNIÓN A DENTINA DE UN ADHESIVO UNIVERSAL EN SUS DOS ESTRATEGIAS DE APLICACIÓN *IN VITRO*

Alumnas: Javiera Muñoz Briones, Camila Ugalde Aracena

Profesor Guía: Dr. Rodrigo Rubio Aguilar

Para optar al título de Cirujano Dentista de la Facultad de Odontología, Universidad de Valparaíso, se debe realizar un proyecto de investigación. En este caso, consistirá en una investigación *in vitro*, es decir que se realiza en laboratorio, utilizando terceros molares extraídos íntegros con indicación terapéutica aportados voluntariamente a través de este consentimiento, con el propósito de alcanzar una mejor comprensión de las propiedades biológicas y físico-mecánicas de los tejidos dentarios, así como también, de la ejecución de procedimientos restauradores.

Las muestras recibidas son procesadas en forma anónima, conservando registros de: N° de Muestra, Fecha y Edad del Donante. Toda la información es confidencial. Las muestras se conservan refrigeradas en agua destilada y forman parte de las actividades descritas anteriormente.

Investigador Responsable

Alumnas 6° año Odontología: Javiera Muñoz B. y Camila Ugalde A.

Profesor Guía de Tesis

Dr. Rodrigo Rubio A.

Cátedra de Operatoria Dental

Facultad de Odontología

Universidad de Valparaíso

Subida Leopoldo Carvallo 211, Playa Ancha, Valparaíso

(del Paciente)

CONSENTIMIENTO INFORMADO DE DONACIÓN DE DIENTE

Manifiesto haber sido informado y comprendo que el (los) diente (s) que he aceptado donar al estudio para seminario de tesis: "Efecto de la aplicación de clorhexidina al 2% en la estabilidad de las propiedades de unión a dentina de un adhesivos universal en sus dos estrategias de aplicación *in vitro*" de la Escuela de Odontología de la Universidad de Valparaíso. Acepto que se registre mi edad, entendiendo que son datos confidenciales e importantes para la investigación:

Lugar de la

atención: _____

Fecha:

N° Muestra

Diente

Edad

Nombre del Donante

RUT

Firma del donante _____