



**Universidad
Andrés Bello®**

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
ASIGNATURAS DE BIOMATERIALES DENTALES Y
ODONTOPEDIATRÍA**

**“Evaluación de la resistencia adhesiva al
cizallamiento de 2 sistemas adhesivos a esmalte
y dentina de dientes temporales”.**

Trabajo de Investigación para optar al Título de Cirujano-Dentista.

Alumnos:

Licenciado Alonso Delgado Ramírez.

Licenciada Gabriela Maggi González.

Tutor Principal:

Dr. Manuel Gajardo Guineo

Tutor asociado:

Dra. Teresa Jofré Morgado

VIÑA DEL MAR – CHILE

Diciembre - 2016

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	3
INTRODUCCIÓN.....	5
MARCO TEÓRICO	7
1. Características de los tejidos duros de dientes primarios.	7
1.1. Esmalte de dientes primarios	7
1.2. Dentina de dientes primarios.....	9
2. Odontología Adhesiva.....	12
2.1. Sistemas adhesivos de grabado y lavado.....	13
2.1.1. Grabado ácido.....	14
2.1.2. Primer.....	19
2.1.3. Adhesivo.....	20
2.2. Sistemas adhesivos autograbantes.....	23
HIPÓTESIS.....	28
OBJETIVO GENERAL.....	28
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
MATERIAL Y METODOLOGÍA.....	29
2. Selección de las Muestras.....	29

5.	Preparación de las Muestras.....	32
5.1.	Preparación del diente.....	32
6.	Técnica Adhesiva.....	35
7.	Pruebas de adhesión al cizallamiento.....	37
8.	Recursos necesarios para la investigación.....	39
9.	Análisis estadístico:.....	41
10.	Variables en estudio.....	42
11.	Diagrama de flujo.....	43
12.	Implicancias éticas, bioseguridad y otros.	44
	RESULTADOS	45
1.	Pruebas de resistencia al cizallamiento	45
	DISCUSIÓN	51
	CONCLUSIÓN.....	62
	BIBLIOGRAFÍA.....	63
	ANEXO 1	67
	ANEXO 2	98
	ANEXO 3	100

AGRADECIMIENTOS

A los profesores que marcaron nuestra vida académica de manera positiva, y en esta última etapa, especialmente a nuestros docentes tutores Dr. Manuel Gajardo G. y Dra. Teresa Jofré M., por su buena voluntad, confianza y disposición. Debemos hacer una mención especial a Dr. Manuel Gajardo G., quien nos permitió molestarlo en horas de trabajo, y dedicó tiempo a enseñarnos cómo realizar las pruebas de este trabajo y a los análisis estadísticos, además de apoyarnos y motivarnos en otras circunstancias académicas como ayudantías y presentaciones en congreso. Sin duda agradecemos su apoyo, su tiempo y dedicación.

A la Dra. Carmen Gloria González, a nuestros compañeros, al Consultorio Módulo Odontológico Simón Bolívar, Consultorio Quilpué, Consultorio Los Pinos, Clínica dental Odóntica y a todos quienes colaboraron con la difícil tarea de recolección de dientes temporales.

A los funcionarios de nuestra escuela, enfermeras, asistentes, técnicos, secretarías, personal de aseo, que facilitan nuestro trabajo y nos regalan cada mañana una sonrisa o alguna muestra de cariño.

A nuestras amigas y amigos que, tal como una familia, han estado en cada paso que hemos avanzado en esta carrera, entregándonos su apoyo absoluto.

Finalmente debemos agradecer a nuestras familias, por su constante apoyo, e incondicionalidad, en especial a nuestros padres, por enseñarnos con el ejemplo la constancia, la rigurosidad, la dedicación, la perseverancia, valores que fueron fundamentales en estos años de estudio. Por su paciencia, su fortaleza, su entrega, que nos mantuvieron en el camino recordándonos siempre cuál es nuestro motivo principal: nuestra vocación. Agradecemos sus palabras de aliento y sus retos, su compañía y su sabiduría para ayudarnos a llevar estos años de riguroso estudio y desafíos cada vez más grandes. Por enorgullecerse de nuestros logros y sufrir nuestras caídas tanto o más que nosotros, por hacernos sentir su apoyo siempre y darnos el coraje para siempre caminar hacia adelante. Son ellos nuestro más grande ejemplo.

... Muchas Gracias.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, existe una amplia gama de materiales adhesivos que permiten restaurar de manera óptima dientes que han perdido sustrato, tanto en dientes definitivos como temporales. Sin embargo, tras revisar la literatura se observa cierta controversia en cuanto al resultado a largo plazo de los diferentes sistemas adhesivos en dientes temporales; esto se debe principalmente a la falta de estudios clínicos longitudinales y estudios in vitro con alto nivel de validez al respecto. Es importante mencionar, que desde que se comenzaron a utilizar los sistemas adhesivos, se han realizado numerosos estudios; aunque, la gran mayoría, en dentición permanente.

La insuficiente evidencia de la que se dispone en cuanto al comportamiento de los distintos sistemas adhesivos en la dentición temporal y la gran heterogeneidad de resultados de los pocos trabajos de investigación que se encuentran disponibles al respecto, han hecho dificultoso encontrar el sistema adhesivo adecuado para la restauración de dientes temporales. Debido a las diferencias microestructurales e histológicas de esmalte y dentina existentes entre dientes temporales y permanentes, no es posible extrapolar a la dentición primaria la evidencia científica encontrada para la adhesión en la dentición definitiva. Es importante, además, tener en consideración que no solamente la histología y microestructura característica de los dientes temporales influyen en el resultado de la técnica adhesiva. Sino que, también se deben destacar aspectos tanto de la práctica clínica, como de la colaboración del paciente

pediátrico y el manejo que el clínico tenga sobre el mismo, como factores influyentes en la obtención de un tratamiento adhesivo adecuado.

Por estos motivos, en la práctica clínica hay incertidumbre acerca de cuál es el tipo de adhesivo y el modo de uso más aceptable con el que se obtienen mejores resultados en dentición temporal.

En este trabajo, se pretende comparar la resistencia adhesiva in vitro mediante pruebas de cizallamiento para sistemas adhesivos de autograbado (*self-etch*) y de grabado y lavado (*etch-and-rinse*) en esmalte y dentina de dientes temporales. Con el fin de ayudar en la búsqueda de un sistema adhesivo adecuado para este tipo de sustrato.

MARCO TEÓRICO

1. Características de los tejidos duros de dientes primarios.

Los dientes temporales presentan marcadas diferencias con los dientes permanentes, tanto en su ultraestructura, así como en su microestructura y composición química. Estas diferencias pueden verse en los distintos tejidos que componen el diente (esmalte, dentina y pulpa). Es así, como estas disimilitudes llevan consigo disparidad en cuanto al comportamiento de los dientes deciduos bajo circunstancias como trauma, caries, procesos de abrasión y erosión, junto a la eficiencia en los resultados de tratamiento con sistemas adhesivos.

1.1. Esmalte de dientes primarios

El esmalte, es el tejido más duro del organismo debido a que estructuralmente está constituido por millones de prismas altamente mineralizados que lo recorren en todo su espesor, desde el límite amelodentinario (LAD) a la superficie externa en contacto con el medio oral. Su dureza se debe al elevado porcentaje de matriz inorgánica en forma de cristales de hidroxiapatita. (1)

La unidad estructural básica del esmalte corresponde a los prismas de esmalte, estructuras compuestas por cristales de hidroxiapatita. El conjunto de prismas forma el esmalte prismático que constituye la mayor parte de la matriz extracelular mineralizada.

En la superficie externa del esmalte prismático se encuentra una sustancia adamantina mineralizada carente de prismas: esmalte aprismático. Este posee un espesor de 30 a 100 μm . Una de las grandes diferencias entre el esmalte de dientes primarios y permanentes, es el grosor de la capa de esmalte aprismático. Estudios han descrito la presencia de una capa de esmalte aprismático que es más gruesa y uniforme en los dientes primarios en comparación con los dientes permanentes. (1)

Kakaboura A. y Papagiannoulis L. (2005), mencionan que los dientes primarios presentan una delgada capa de esmalte y generalmente menos mineralizada que el esmalte permanente. A consecuencia de esto, la permeabilidad del esmalte de dientes primarios es mayor que en dientes permanentes. Lo que sugiere que el esmalte primario posee una mayor porosidad.

Una capa más delgada de esmalte, en conjunción con un menor contenido mineral y mayor porosidad, da lugar a la apariencia blanquecina y opaca del esmalte primario. (2)

Hueb de Menezes M. y cols. (2010), señalan que “la delgadez del esmalte de los dientes primarios y su menor grado de mineralización (80,6% en el esmalte de los dientes primarios y el 89,7% en el esmalte de los dientes permanentes) son las principales diferencias entre el esmalte de los dientes primarios cuando se compara con los dientes permanentes”. Cabe mencionar que el mismo autor destaca en su estudio la medición de espesores medios de esmalte en dientes

primarios en comparación con el esmalte de dientes permanentes: dando como resultado 1,14 mm y 2,58 mm, respectivamente. En el mismo estudio, se observó que la densidad numérica de los prismas de esmalte fue mayor en los dientes primarios, principalmente cerca del LAD. (3)

En cuanto a la composición mineral del esmalte, se han encontrado diferencias en el porcentaje de calcio y fósforo para ambos tipos de esmalte. Siendo éste menor para los dos minerales, en el esmalte de dientes primarios. (4)

1.2. Dentina de dientes primarios

La dentina se considera el eje estructural del diente y constituye un tejido mineralizado que conforma el mayor volumen de la pieza dentaria. La parte coronaria limita, hacia afuera con el esmalte, tejido que la recubre, en el límite amelodentinario. Interiormente, la dentina limita la cámara pulpar. (5) La dentina de dientes temporales al igual que el esmalte, presenta un menor espesor y menor grado de mineralización con respecto de la dentina de dientes permanentes. (6)

En la estructura dentinaria podemos distinguir dos componentes básicos: la matriz mineralizada y los túbulos dentinarios. (5)

En un corte transversal de la dentina (figura 1), pueden observarse los túbulos dentinarios, su pared o dentina peritubular (altamente mineralizada) y la matriz

intertubular, que se distribuye entre las paredes de los túbulos dentinarios y cuyo componente principal son las fibras de colágeno. (5)

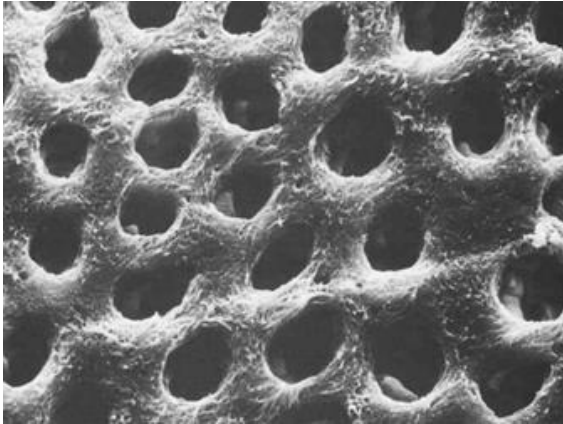


Figura 1: Túbulos dentinarios de dentina permanente cortados transversalmente. Se observa dentina peritubular e intertubular. MEB x 3000. (1)

Dentro de las propiedades físicas de la dentina, una de las más importantes en la práctica clínica debido a su directa relación con la efectividad de los sistemas de adhesión, es la permeabilidad, la cual se relaciona directamente con la densidad y diámetro de los túbulos dentinarios. (1,7)

La dentina primaria presenta una densidad de túbulos y un diámetro de los mismos mayor respecto de la dentina de dientes permanentes, resultando, por un lado, en una menor área de dentina intertubular disponible para la adhesión y, por otra parte, en un área dentinaria más permeable. Esta mayor permeabilidad genera una superficie de gran nivel de humedad, lo que dificulta la acción de los sistemas adhesivos, cuyos componentes son principalmente hidrofóbicos. (6)

Con respecto al diámetro y densidad de los túbulos dentinarios, éstos aumentan de la unión amelodentinaria, hacia la pulpa, con un ancho de dentina peritubular que muestra la tendencia inversa, como lo dio a conocer Sumikawa D. y cols. (1999) en su estudio. El mismo autor, menciona que la densidad y diámetro de los túbulos de los dientes anteriores primarios parecen ser mayores que en los dientes permanentes. Sin embargo, cercano a la pulpa, el diámetro tubular de la dentina primaria parece aproximarse al de la dentina permanente. (8)

En lo que se refiere a las concentraciones de calcio y fósforo entre la dentina de dientes primarios y permanentes, se ha observado que en los dientes primarios las concentraciones para ambos minerales son más bajas. (4) Se ha visto, además, que las concentraciones de calcio y fósforo en las dentinas peritubular e intertubular son más bajas en dientes primarios que en permanentes. (9)

Desde el punto de vista de las diferencias ultraestructurales entre la dentina primaria y permanente, la dureza y elasticidad en ambas denticiones podrían dar lugar a diferentes características con respecto a la adhesión. Sin embargo, aún la información sobre la dureza y elasticidad de la dentina primaria, así como su capa híbrida, es escasa. Además, según Hosoya Y. y cols. (2006), se debe tener en cuenta que la resistencia a la tracción y la dureza de la dentina del diente primario sano, son más bajas que en la dentina sana permanente. Propiedades que están directamente relacionadas con la eficacia adhesiva en la dentina de dientes temporales. (5, 10)

En un estudio de microdureza, se observó que la dentina del área central de la corona de dientes primarios presenta menor dureza que la dentina de la misma área en dientes permanentes. Lo que sugiere, además que la dentina de dientes primarios presenta menor grado de mineralización que la dentina permanente.

(9)

2. Odontología Adhesiva

Desde los inicios de la odontología adhesiva hasta el día de hoy, han aparecido en el mercado numerosos sistemas adhesivos que varían tanto en composición, así como presentación y modo de uso. Es por esto, que encontrar el adhesivo adecuado para la restauración de dientes temporales puede ser un tanto dificultoso, aún más si añadimos la falta de ensayos clínicos y estudios prospectivos sobre los sistemas adhesivos y su comportamiento en este sustrato. Los sistemas adhesivos, según la forma de tratar la superficie adhesiva, se pueden clasificar en: aquellos que emplean el acondicionamiento ácido previo de la superficie (de grabado y lavado o *etch-and-rinse*), que requieren utilizar un ácido acondicionador como primer paso; y aquellos que no lo requieren (autograbantes o *self-etch*). Los sistemas de grabado y lavado, permiten la eliminación del *smear layer* con ácido fosfórico. Esto seguido por la aplicación de un primer y adhesivo en dos pasos diferentes o en un solo paso. En los sistemas de autograbado, el ácido y primer están combinados en una solución para formar

un monómero acídico (11,12), seguido de la aplicación del adhesivo propiamente tal, que puede ser un paso diferente o estar incluido en la solución primer acídico. Por esto, los sistemas adhesivos de autograbado requieren menos pasos y tiempo clínico en comparación con los sistemas adhesivos de grabado y lavado, lo que los hace llamativos en odontopediatría, principalmente por ser menos susceptibles a las variables de manipulación, generando que estos procedimientos sean más fáciles de realizar en pacientes potencialmente no cooperadores (12, 13, 14). A pesar del atractivo que presentan, hay que tener en cuenta que los datos sobre la eficacia de los sistemas adhesivos de autograbado a la dentina de dientes primarios son limitados. (14)

2.1. Sistemas adhesivos de grabado y lavado

Dentro de este grupo de sistemas adhesivos, existen los de cuarta y quinta generación. De 3 y 2 pasos clínicos respectivamente. Los sistemas multifrascos o de 3 pasos, están compuestos por una etapa de grabado ácido, un primer y un adhesivo. Los sistemas monofrascos o de 2 pasos, consisten en una etapa de grabado ácido y un frasco de primer/adhesivo.

2.1.1. Grabado ácido

El grabado ácido se realiza con el fin de lograr efectos a nivel de esmalte y dentina. A nivel de esmalte genera un aumento de la energía superficial, patrones de grabado en esmalte, aumento de la superficie del sustrato, eliminación del barro adamantino y efecto detergente. El ácido fosfórico al reaccionar con la hidroxiapatita, desmineraliza y disuelve la matriz inorgánica adamantina, creando microporos y microsurcos, dando lugar a un sólido cristalino y microporoso. Este fenómeno se conoce como efecto geométrico, donde se obtendrán patrones de grabado. Luego del grabado se debe lavar, con el fin de eliminar totalmente el ácido y bloquear su acción. (7)

En relación con la morfología de los prismas y desde el punto de vista adhesivo, es importante tener en cuenta los tres tipos de patrones morfoestructurales distintos que se obtienen con la técnica de grabado ácido (figura 2 y 3). (1) Cuando el ácido desmineraliza los cristales de hidroxiapatita de la cabeza o cuerpo del prisma de esmalte, se obtiene un patrón de grabado tipo I; cuando el ácido actúa sobre los cristales de hidroxiapatita del cuello o del extremo caudal se produce un patrón de grabado tipo II. Ambos patrones pueden estar presentes en un mismo diente y en una misma zona, separadamente o en conjunto. Cuando el tiempo de acondicionamiento se aumenta más de lo indicado, se producen patrones de grabado tipo III, en donde se disminuye la profundidad y se aumenta la amplitud de los microporos. Este tipo de patrón es desfavorable para una buena técnica adhesiva, ya que no tiene una capacidad suficiente para retener

micromecánicamente los sistemas adhesivos basados en monómeros hidrófobos. (7)

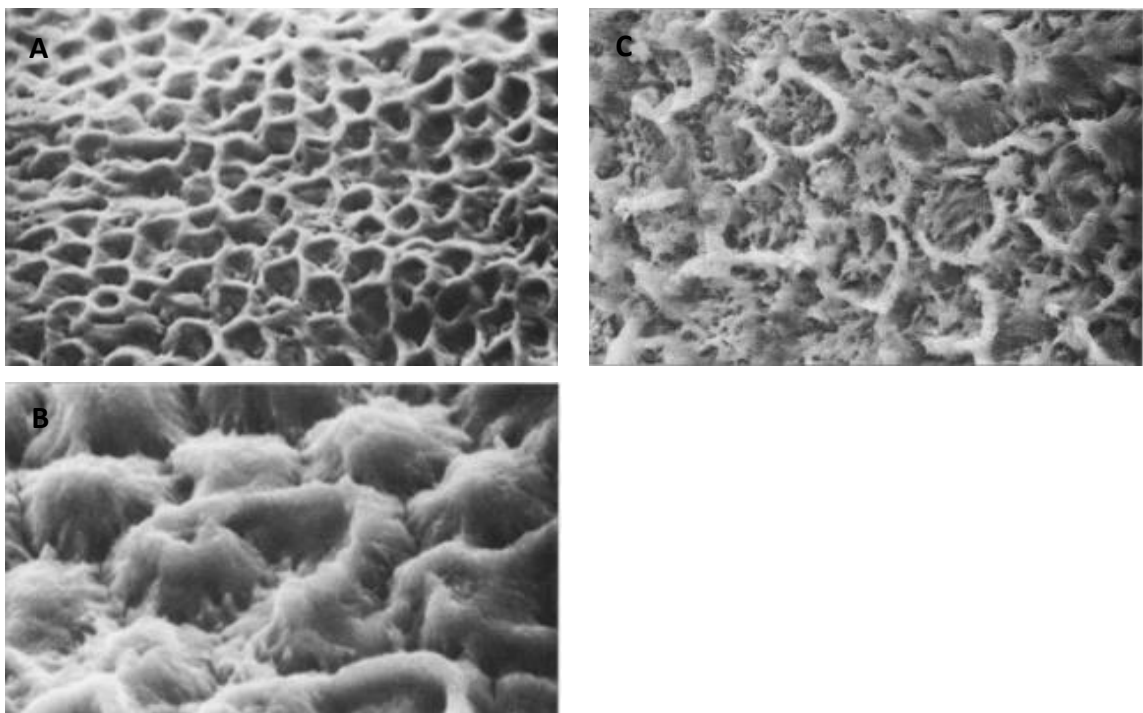


Figura 2: **A:** Grabado ácido patrón tipo I (MEB x 1500). **B:** Grabado ácido patrón tipo II (MEB x 5000). **C:** Grabado ácido patrón tipo III (MEB x 2500) (1)

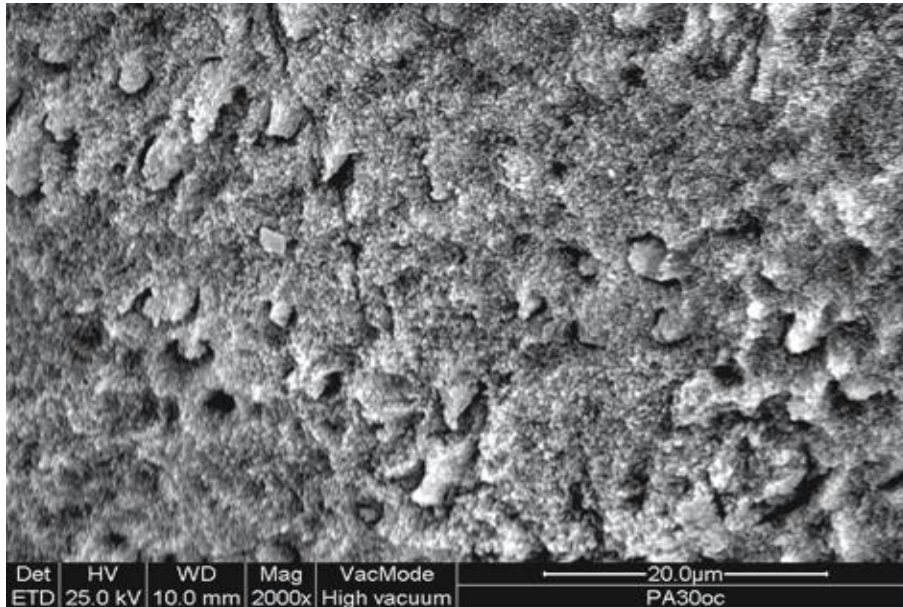


Figura 3: Esmalte primario después de grabado con ácido fosfórico al 36%, por 15 segundos. Se observan patrones de grabado variados. (2)

Debido a la menor mineralización y mayor contenido orgánico del esmalte de los dientes primarios, la creación de microporosidades por la disolución selectiva de los cristales de hidroxiapatita y el aumento de la energía libre de superficie, obtenidas por el grabado ácido de los sistemas adhesivos de grabado y lavado, no se logran de la misma manera que en dientes permanentes, siendo poco eficaz en la obtención de un patrón de grabado adecuado. (11)

En esmalte primario el patrón tipo III se considera el patrón predominante, pero a pesar de esto, los tipos II y I se han observado con frecuencia también. El patrón de grabado depende de la orientación de los cristales dentro del prisma simple. El patrón de tipo III a menudo ha sido predominante en las regiones donde los

cristales son más desorientados, como sucede en el esmalte primario. Kakaboura A. y Papagiannoulis L. (2005) afirman que el significado clínico de cada uno de los tres patrones de grabado no se conoce, ya que no es posible verificar el patrón por examen visual y por lo tanto no se puede correlacionar con el índice de éxito clínico. (2)

Además, se cree que la capa aprismática exterior reduce la eficacia del grabado ácido. La mayor densidad de los cristales y la orientación uni-direccional en el esmalte aprismático puede reducir la solubilidad del esmalte, resultando en un esmalte relativamente poco afectado y, en consecuencia, la porosidad del esmalte generada por ataque químico, no será suficiente para lograr un considerable número de *tags* de resina. (2) Situación presente en el tratamiento de superficie de esmalte de dientes temporales, que como se mencionó anteriormente, presentan un mayor grosor de la capa de esmalte aprismático.

Los efectos del acondicionamiento ácido a nivel dentinario son distintos: genera un aumento de la energía superficial, eliminación del barro dentinario, desmineralización de la porción calcificada y exposición de la trama colágena intertubular y efecto detergente. El *smear layer* o barro dentinario está compuesto por una capa superficial de residuos que engloban a los componentes extradentarios y una capa profunda que contiene componentes intradentarios, que obliteran los túbulos, disminuyendo la permeabilidad y la humedad superficial. El *smear layer* y los *smear plugs* son eliminados por medio del grabado ácido y lavado, permitiendo así la exposición de la malla colágena

dentinaria, y posibilitando el aumento de la permeabilidad y difusión intratubular.

(7) Según Osorio R. y cols. (2010), el acondicionamiento dentinario es un paso crucial para obtener una adhesión efectiva.

En la dentina de dientes primarios, debido a la menor concentración de calcio y fosfato luego del grabado ácido se espera ver, según lo reportado en la literatura, una mayor desmineralización de la dentina intertubular formándose una capa híbrida de mayor grosor, contribuyendo a una menor fuerza adhesiva (12). Asimismo, Nör y cols. (1997) demostraron que la adhesión en dentina produce una capa híbrida en dientes primarios que es relativamente más gruesa que en los dientes permanentes y se cree que este hallazgo, puede deberse a diferencias en la reactividad de la dentina del diente primario a las soluciones ácidas utilizadas para el acondicionamiento de la superficie. En el mismo estudio, se demostró que el *smear layer* de la superficie dentinaria y de túbulos dentinarios de dientes primarios fue más fácilmente removido con acondicionamiento ácido que en dientes permanentes. (9)

Osorio R. y cols. (2010), mencionan que análisis comparativos de las propiedades mecánicas de la dentina, indican que el área central de la dentina coronal es considerablemente más dura en dientes permanentes que primarios. La concentración de calcio y fosfato en dentina intertubular y peritubular es menor en dientes primarios que en permanentes, originando que los dientes primarios sean más reactivos a los acondicionadores ácidos. Por lo que se espera una desmineralización más profunda de la dentina intertubular, con la formación de

una capa híbrida más gruesa, contribuyendo a una menor fuerza adhesiva reportada en la literatura. (12)

2.1.2. Primer

El *Primer* o imprimador contiene un monómero hidrófilo-hidrófugo, que se comporta como una molécula bifuncional. Además, está constituido por un solvente hidrófilo, que puede ser acetona, etanol o agua. Su función en los sistemas de acondicionamiento ácido previo es disolver los monómeros hidrófilos del primer, facilitando su penetración en los intersticios húmedos de la dentina desmineralizada. (7)

En cuanto al esmalte, los monómeros resinosos del *primer* se introducen en los microporos tridimensionales generados producto del acondicionamiento ácido y al polimerizar, generan una contracción permitiendo quedar retenidos a estos microporos por anclaje o traba micromecánica, dando lugar a los *microtags* de resina y obteniendo un híbrido resina-esmalte. (7)

Por su parte, en dentina, por medio de su molécula hidrófila, el *primer* se une al colágeno por traba micromecánica y por su extremo hidrófugo se une la resina de restauración mediante una reacción química. Formando una capa híbrida de colágeno, hidroxiapatita y resina. El *primer*, al estar constituido por una molécula hidrofílica, mejora la humectabilidad del adhesivo (hidrófobo), disminuyendo el ángulo de contacto. (7)

2.1.3. Adhesivo

La adhesión de materiales resinosos a la dentina, se basa en la impregnación de resina en una zona de la dentina descalcificada superficialmente y en la presencia de fibrillas de colágeno expuestas. (5) Un análisis descriptivo de la interfase resina-dentina realizado por Castilhos H. y cols. (2014), reveló la presencia de capa híbrida y tags de resina dentro de los túbulos para sistemas adhesivos de grabado y lavado y de autograbado en dientes primarios (ver figura 4, 5 y 6). (15)

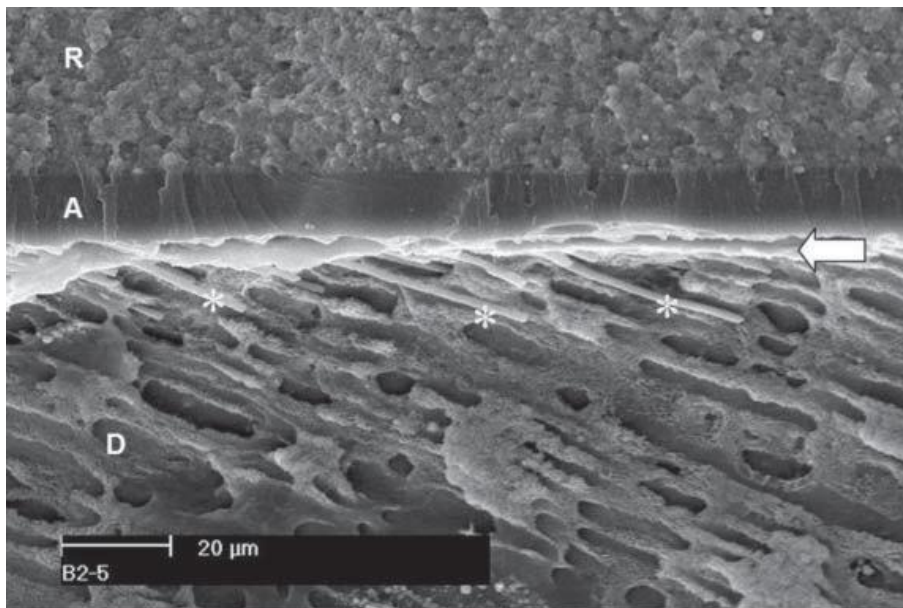


Figura 4. Formación de una capa híbrida (flecha) y tags (*) con un sistema adhesivo de grabado y lavado de quinta generación (2 pasos). Resina compuesta (R), Adhesivo (A), Dentina (D). (15)

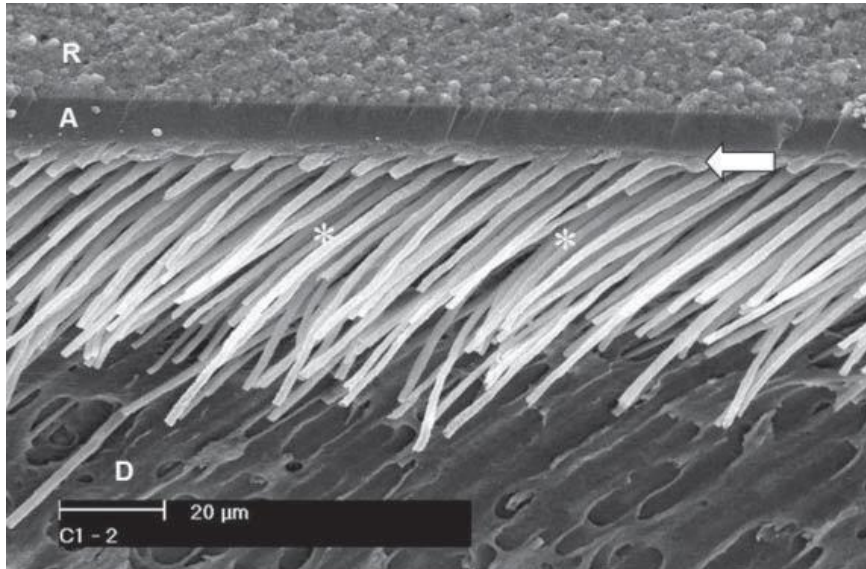


Figura 5. Formación de una capa híbrida (flecha) y tags (*) con un sistema adhesivo de autograbado de 2 pasos. Resina compuesta (R), Adhesivo (A), Dentina (D). (15)

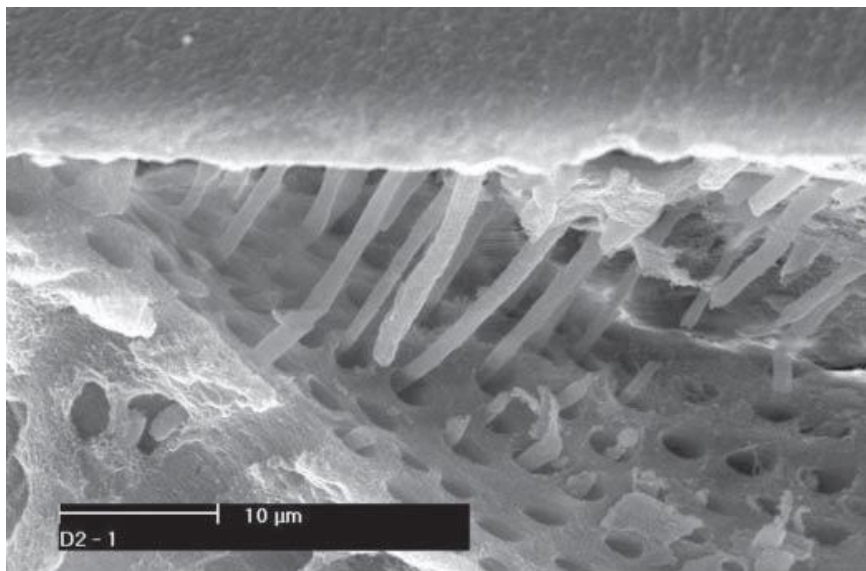


Figura 6. Túbulos dentinarios con tags de resina con la aplicación de sistema adhesivo de autograbado de 2 pasos (Clearfil SE Bond). (15)

Uekusa S. y cols (2006), señalan que “una desmineralización apropiada del sustrato dentinario, impregnación uniforme de la resina y suficiente fuerza mecánica del adhesivo polimerizado son factores importantes requeridos para crear una interfaz resina/dentina de alta calidad para una buena adhesión dentinaria”. Como también mencionan Nör J. y cols. (1997), la remoción adecuada del *smear layer*, la desmineralización parcial de la dentina intertubular y exposición de las fibras colágenas por medio del acondicionamiento ácido, es fundamental para la formación de una capa híbrida. Sin embargo, cuando se produce una desmineralización excesiva como podría suceder en la dentición primaria, las fibras colágenas colapsan y forman una capa densa, que puede no ser completamente impregnada por el primer y adhesivo, dejando un área más débil al fondo de la capa híbrida, potenciando las posibilidades de microinfiltración o falla adhesiva. (9)

Henostroza G. y cols. (2010), mencionan que en dentición permanente existe una diferencia entre la profundidad de desmineralización de la dentina y la penetración del adhesivo (4-5 μm vs 3 μm). Como consecuencia de esto, bajo la capa híbrida queda una capa de fibras colágenas sin ser impregnadas por monómeros. (7) Así también, Osorio R. y cols (2010), mencionan que algunos estudios en dientes primarios han demostrado la presencia de una infiltración incompleta de las fibras colágenas en el fondo de la dentina desmineralizada, comprometiendo la eficacia adhesiva. (12)

2.2. Sistemas adhesivos autograbantes

Estos agentes se basan en el uso de monómeros ácidos polimerizables y que, por tanto, no requieren de la etapa de acondicionado con ácido fosfórico y lavado.

(2) “Un adhesivo autoacondicionador tiene la función de disolver el *smear layer*, activar y autoacondicionar la dentina, imprimando las fibras de colágeno dentinario y formar sales por reacción ácido-base. Todas estas funciones son posibles porque el primer no se lava, permaneciendo las sales formadas en el tejido”. (7)

Henostroza G. y cols. (2010), mencionan que en cuanto a la efectividad de los adhesivos de autograbado en el esmalte de dientes permanentes aún es controversial su indicación, ya que algunos autores estiman insatisfactorio el comportamiento de estos en el esmalte sano.

Según Kakaboura A. y Papagiannoulis L. (2005), gran cantidad de estudios in vitro han observado que los agentes adhesivos de autograbado proveen una menor fuerza adhesiva en el esmalte de dientes primarios, en comparación con el acondicionamiento convencional del esmalte con ácido fosfórico. Se ha reportado que la resistencia adhesiva obtenida para estos agentes adhesivos, está sobre el mínimo requerido para dientes permanentes, que según estos autores es de 18,6 – 19,4 MPa (megapascales). En este estudio, se alude a que los valores inferiores de resistencia adhesiva obtenidos para agentes adhesivos de autograbado en esmalte primario pueden deberse a los *tags* de resina cortos formados con este tipo de adhesivo. Se cree que la unión en el esmalte, se

consigue principalmente no por las proyecciones resinosas, sino por adhesión micromecánica proporcionada por la difusión y polimerización del monómero en las microirregularidades del esmalte grabado y por la formación de una capa tipo híbrida. También se ha demostrado en el esmalte permanente, que la profundidad de grabado, y posteriormente, la profundidad de la penetración de la resina con adhesivos de autograbado, no se correlaciona con las fuerzas de adhesión obtenidas; por lo tanto, la irregularidad de la superficie del esmalte tratado puede no ser un indicador válido de la magnitud de adhesión lograda. Por otra parte, es cuestionable si la poco profunda interfaz de resina híbrida-esmalte formada con ausencia de *tags* de resina largos, puede soportar la fatiga termomecánica en el ambiente oral.

Se han demostrado, un efecto más suave de grabado y una interfaz adhesiva más delgada por los agentes autograbantes, que los encontrados en el esmalte acondicionado con ácido fosfórico. A pesar de estas características, no se han registrado diferencias adhesivas significativas entre las superficies de esmalte tratadas con ácido fosfórico y agentes autograbantes. (2)

Con respecto a la dentina, los sistemas adhesivos de autograbado forman una capa continua entre la resina compuesta y la superficie dentinaria, la cual es simultáneamente desmineralizada, seguido por la penetración del monómero de resina. (13) Forman una capa híbrida libre de defectos, dentina desmineralizada y no impregnada. Esta capa híbrida es de menor espesor que la obtenida por

sistemas adhesivos de grabado y lavado, pero más que suficiente para lograr un gran imbricamiento entre el adhesivo y las fibras colágenas. (7)

Kensche A. y cols. (2015), en un estudio que medía la resistencia adhesiva al cizallamiento de diferentes sistemas adhesivos en esmalte y dentina de dientes primarios, encontraron valores más altos de la resistencia adhesiva al cizallamiento para sistemas adhesivos que incluían tratamiento de grabado ácido preliminar, aun sin exponer diferencias estadísticamente significativas entre ambos. En el mismo estudio se vio que en dentina, a pesar de tener el grabado ácido un impacto positivo, no hubo una diferencia estadísticamente significativa si este no se utilizaba como paso independiente. No obstante, en cuanto al esmalte, concluyeron que el grabado ácido era de vital importancia para generar un patrón de grabado microretentivo. (16)

Por otra parte, en una revisión sistemática y metanálisis de estudios in vitro realizada por Lenzi T. L. y cols. (2015) se pudo concluir que los “sistemas adhesivos de grabado y lavado se adhieren mejor a sustratos de esmalte y dentina primarios sanos, que los sistemas de autograbado” en el análisis de resistencia adhesiva inmediata. En la misma revisión, se observa una mayor resistencia adhesiva para los adhesivos de grabado y lavado y de autograbado de dos pasos, en dentina. Además, se obtuvieron mejores resultados en esmalte sano con adhesivos de grabado y lavado de tres. (17)

Miranda C. y cols. (2006) midió la resistencia al cizallamiento de diferentes sistemas de adhesión a la dentina y esmalte primarios. En general, la media de

la fuerza adhesiva al cizallamiento de los adhesivos evaluados en esmalte fue estadísticamente mayor que en dentina. En esmalte, los valores obtenidos por los diferentes sistemas adhesivos testeados fueron similares. Este mismo estudio menciona que, en el esmalte primario, que parece ser más susceptible a la desmineralización, los sistemas de autograbado pueden promover buenos patrones de grabado, resultando en una fuerza de adhesión adecuada. (18)

Por otro lado, en un estudio de Afshar H. y cols. (2015) donde se investigó la resistencia adhesiva al cizallamiento de sistemas adhesivos de grabado y lavado de tres pasos junto a sistemas adhesivos de autograbado de uno y dos pasos, se concluyó que “los tres sistemas adhesivos [...] tienen una fuerza adhesiva aceptable a la dentina intracanal de dientes anteriores primarios y no se encontraron diferencias significativas entre los valores de fuerza adhesiva” (19).

Además, en un estudio de comparación de la resistencia adhesiva al cizallamiento de adhesivos de grabado y lavado y de autograbado en esmalte primario, realizado por Gisovar F. y cols. (2014), no se encontró diferencia significativa en la resistencia adhesiva al cizallamiento entre los adhesivos de grabado y lavado estudiados, los que si presentaron valores superiores a los adhesivos de autograbado. La fuerza adhesiva del Single Bond 2 fue mayor que todos los adhesivos de autograbado, excepto para el Clearfil SE Bond. (20)

En un estudio, realizado por Uekusa S. y cols. (2006) que midió la eficacia adhesiva mediante pruebas de microtracción, para sistemas adhesivos de

autograbado de un solo paso en dentina sana de dientes primarios y permanentes, se observó que si bien no hubo diferencia estadísticamente significativa en los valores medios entre los diferentes sistemas adhesivos, se encontró una diferencia estadísticamente significativa en los valores medios entre los diferentes sustratos de dentina, que fueron más bajos para la dentina primaria (entre 40,6 MPa y 44,7 MPa) que para dentina permanente (entre 50,0 MPa y 54,3 MPa). (13)

HIPÓTESIS

Existe diferencia estadísticamente significativa en la resistencia adhesiva entre los sistemas adhesivos de grabado y lavado y los de autograbado en esmalte y dentina de dientes temporales.

OBJETIVO GENERAL

Demostrar mediante pruebas de cizallamiento in vitro, si existen diferencias estadísticamente significativas para la resistencia adhesiva entre los sistemas adhesivos de grabado y lavado y autograbantes en esmalte y dentina de dientes temporales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar la resistencia adhesiva al cizallamiento, medida en megapascales, de los sistemas adhesivos a dentina de dientes temporales.
- Cuantificar la resistencia adhesiva al cizallamiento, medida en megapascales, de los sistemas adhesivos a esmalte de dientes temporales.

MATERIAL Y METODOLOGÍA

1. Tipo de diseño de investigación

El diseño de este estudio es de tipo analítico experimental.

2. Selección de las Muestras

Las muestras para este estudio fueron dientes temporales extraídos o exfoliados cuya recolección se realizó entre mayo y octubre del año 2016, de centros especializados de odontopediatría, centros de atención primaria de la V Región y la clínica odontológica UNAB sede Viña del Mar. Las piezas temporales obtenidas fueron almacenadas en recipientes de plástico, tapados, rellenos con suero fisiológico que fue cambiado cada 7 días.

3. Cálculo de tamaño muestral.

Con una potencia estadística de 80% y nivel de confianza de 95%, y según los valores de referencia de desviación estándar obtenidos de los estudios de Givosar F. y cols. (2014); Kensche A. y cols. (2015) y Afshar H. y cols. (2015), de los cuales se obtiene un promedio de la desviación estándar. Y una diferencia mínima a detectar igual a la desviación estándar obtenida de la literatura. Determinamos un tamaño muestral necesario por grupo de 16 dientes por grupo.

Para el cálculo del tamaño muestral se utiliza la siguiente fórmula:

$$n = \frac{2(z_{\alpha} + z_{\beta})^2 s^2}{d^2}$$

- Dónde: n son los individuos necesarios en cada una de las muestras;
- Z_{α} es el valor z correspondiente al riesgo deseado;
- Z_{β} es el valor z correspondiente al riesgo deseado;
- S^2 es la varianza de la variable cuantitativa que tiene el grupo de referencia;
- d es el valor mínimo de la diferencia que se desea detectar (datos cuantitativos).

Para el tamaño muestral ajustado a las pérdidas se considerará un 20% de proporción esperada de pérdida. Dando como resultado un tamaño muestral de 20 dientes por grupo.

$$n\left(\frac{1}{1-R}\right)$$

- Donde n es el número de muestras por grupo sin pérdidas
- R es la proporción esperada de pérdidas.

El total de dientes temporales obtenidos para el estudio, en el tiempo estimado fue de 71. De los cuales, en una primera selección, tomando en cuenta los criterios de inclusión y exclusión, quedaron 65 dientes seleccionados.

4. Criterios de Inclusión y Exclusión

Junto a los dientes libres de caries, fueron incluidos dientes temporales con lesiones de caries o cavidades, siempre que se asegurara una distancia de 2 mm entre la superficie preparada para las pruebas y la lesión o cavidad visible, apoyados en el criterio de selección utilizado en un estudio realizado por Kensche A. y cols. (2015). Además, se siguió el protocolo según la norma ISO 11405 (anexo 1), donde se indica que se debe considerar un tiempo máximo de 6 meses desde la exfoliación o extracción dentaria para ser utilizado en pruebas de resistencia adhesiva. Por el contrario, aquellos dientes temporales extraídos que presentaban más del 50% de su volumen con caries, restauraciones de amalgama, resina o CIV, además de aquellos que hayan sido sometidos a tratamiento pulpar, no fueron incluidos en este estudio. Cabe mencionar que para las pruebas utilizadas se requiere una superficie mínima útil del sustrato de 2.3 mm, por lo que aquellas muestras que presentaron una menor superficie útil también fueron excluidas.

5. Preparación de las Muestras

5.1. Preparación del diente.

A todos los dientes obtenidos, les fue cortada la raíz a nivel del límite amelocementario utilizando un disco de diamante de forma perpendicular al eje axial del diente, de acuerdo con Miranda C. y cols. (2006). Todos los dientes fueron divididos a la mitad en sentido mesio distal paralelo al eje axial del diente (Figura 7), dejando un total de 130 muestras, utilizando una sierra de diamante de baja velocidad (Beuhler Isomet cat #11-1180-170) con un disco de diamante (Norton 1A1R 4x.012 ½ ME 104180).

Finalizada esta etapa, se prosiguió con una nueva selección de muestras útiles para el estudio, donde se tomó en cuenta la superficie necesaria para las pruebas de adhesión, siendo esta la mínima necesaria de 3.0 mm. Excluyendo aquellas muestras con una superficie de sustrato de esmalte o dentina inferior a dicho número. Con esta nueva selección, se obtuvo un total de 104 muestras útiles para el estudio, que a su vez fue dividida en partes iguales (n=52) en muestras para esmalte y dentina.



Figura 7: Proceso de corte de dientes en sentido mesio distal paralelo al eje axial del diente. (Fuente: propia)

5.1.1 Inclusión de las muestras.

Se colocó cinta adhesiva transparente en el fondo del molde de inclusión (molde Ultradent Denrol, 15 muestras a la vez). Se secaron las muestras y se introdujeron en el molde de inclusión con la superficie de prueba pegada a la cinta adhesiva en el fondo del molde. Cabe mencionar, que las muestras fueron organizadas de tal manera que en cada cilindro quedaran 2 muestras de esmalte y dos muestras de dentina, como se muestra en la figura 8.



Figura 8: Se observa el posicionamiento de las muestras dentro de los cilindros del molde de inclusión, con la superficie de prueba pegada a la cinta adhesiva hacia el fondo del molde. (Fuente: propia)

Una vez posicionadas las muestras en el molde, se mezclaron monómero y polímero de metilmetacrilato (Acrílico Marché) en una relación de 1: 3 y fue dispuesto dentro del molde de inclusión sobre las muestras, hasta la mitad del cilindro.

Cuando comenzó la reacción exotérmica del metilmetacrilato, aproximadamente 5 minutos, fue retirada la cinta adhesiva y sumergido el molde en agua por 15 minutos. Pasado este tiempo, se removieron los dientes incluidos en acrílico para ser almacenados en un frasco plástico, sumergidos en suero.

Luego, utilizando una guía rotativa (Ultradent) con su plataforma montada sobre la recortadora de modelos, se procedió a lijar el fondo (superficie sin diente) y la superficie superior (con dientes) de la muestra incluida con un disco Cobondet húmedo de número 24 (Handler MFG 122121-6 10x 1/4x 1), como puede observarse en la figura 9.



Figura 9: Desgaste de superficie superior y fondo del cilindro de acrílico con las muestras incluidas. (Fuente: propia)

Una vez lijadas ambas superficies, se procede a pulir la superficie con los cuerpos de prueba expuestos (superficie superior) con un papel de lija al agua húmedo, número 600 durante 1 minuto.

Terminada la preparación de las muestras, estas fueron lavadas con abundante agua para remover cualquier partícula de material extraño y se almacenaron sumergidas en suero fisiológico en un frasco de plástico.

6. Técnica Adhesiva

Las muestras seleccionadas fueron divididas de forma aleatoria en 2 grupos de igual tamaño para tratamientos adhesivos diferentes. Para esto último, fueron utilizados dos sistemas adhesivos de uso frecuente y disponibles en la clínica odontológica de la Universidad Andrés Bello sede Viña del Mar. El primer grupo (“Grupo 1”) fue tratado con un sistema adhesivo de grabado y lavado, de quinta generación, de dos pasos (Single Bond 2, 3M-ESPE, Figura 10, A). Para el segundo grupo (“Grupo 2”) utilizamos un sistema adhesivo autograbante, de sexta generación, de dos pasos (Clearfil SE Bond, Kuraray, figura 10, B).

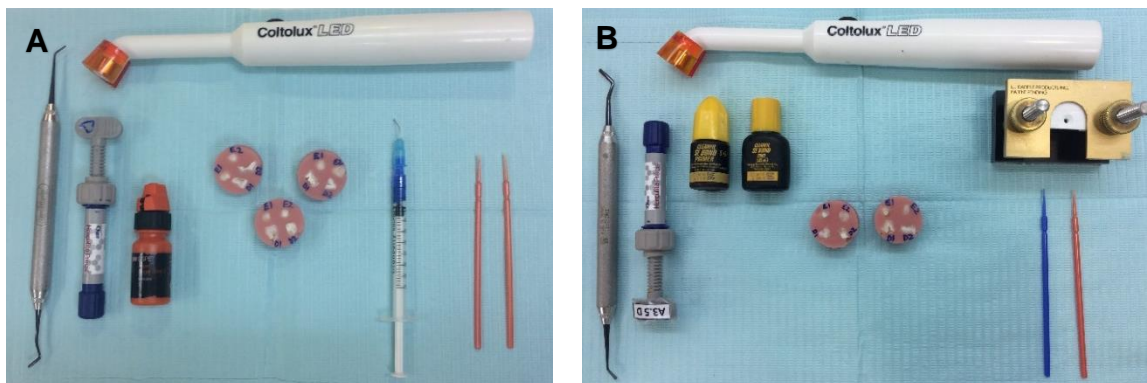


Figura 10: A. Se observan los materiales dispuestos a utilizar para la técnica adhesiva con Single Bond 2. **B.** Se observan los materiales dispuestos a utilizar para la técnica adhesiva con Clearfil SE Bond. (Fuente: propia)

A su vez, cada grupo fue dividido en 2 grupos nuevamente para el tratamiento adhesivo correspondiente sobre esmalte (“Grupo E”) y dentina (“grupo D”). De esta manera se obtuvieron cuatro grupos de trabajo como se muestra en la figura 11.



Figura 11: Se observan los cuatro grupos de trabajo en uno de los cilindros de prueba. Donde la letra representa el sustrato (dentina: D; esmalte: E) y el número; al grupo respectivo de sistema adhesivo. Ej.: E1: muestra para prueba adhesiva con Single Bond 2 en esmalte; D2: muestra para prueba adhesiva con Clearfil SE Bond en dentina. (Fuente: propia)

Ambos sistemas adhesivos, fueron aplicados sobre la superficie correspondiente de esmalte y dentina de los dientes temporales siguiendo las indicaciones del fabricante (anexos 2 y 3). Una vez aplicado el sistema adhesivo, a cada muestra se aplicó un cilindro de resina compuesta (Herculite Précis, Kerr) de manera incremental en 2 capas no mayores a 2 mm cada una utilizando una “Guía de adhesión Ultradent” (figura 12).



Figura 12: Guía de adhesión Ultradent utilizada para aplicación de resina compuesta sobre muestra previamente tratada con un sistema adhesivo. (Fuente: propia)

Para la polimerización de los sistemas adhesivos y la resina compuesta, se utilizó una lámpara LED (Coltolux LED, Coltene/Whaledent) con una luminosidad de 1000 mW/cm². Para la resina compuesta se aplicó un tiempo de polimerización de 40 segundos por cada incremento.

7. Pruebas de adhesión al cizallamiento.

Una vez obtenidos los cuerpos de prueba (figura 13, A), estos fueron almacenados sumergidos en suero fisiológico, en un frasco de plástico, en horno a 37 °C por 24 hrs. Con el fin de simular la temperatura de la cavidad oral y el tiempo que demora en polimerizar por completo la resina compuesta.

Finalmente, las muestras se montan en la abrazadera de prueba con el borde superior del cilindro a ras con la superficie superior de la abrazadera. Esto se lleva a la máquina de ensayo (Shear Bond Tester, Bisco), de manera que la

horquilla de prueba se ajuste al cilindro de composite en 90° para ejercer la fuerza de forma perpendicular a la muestra (como se muestra en la figura 13, B) con una velocidad de 1 mm/min y una capacidad de carga de 0 N (Newtons) hasta el fallo.

La fuerza adhesiva en Megapascales se calculó dividiendo la fuerza máxima en el momento del fallo (en N) por el área de unión en Newtons por milímetro cuadrado. El área de unión efectiva calculada fue de 4.48 mm².

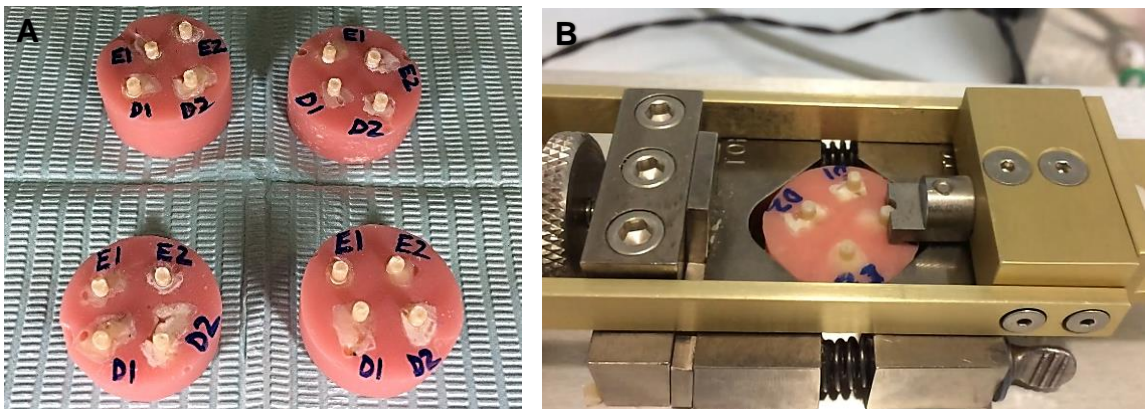


Figura 13: **A:** Cuerpos de prueba listos. **B:** Cuerpo de prueba posicionado en la máquina de ensayo con horquilla de prueba ajustada abrazando el cilindro de composite, lista para la prueba de cizallamiento. (Fuente: propia)

8. Recursos necesarios para la investigación.

- Dientes temporales.
- Suero Fisiológico.
- Espátula de cemento.
- Acrílico Marché (rosado).
- Cinta Adhesiva.
- Vaselina sólida.
- Molde de inclusión Ultradent Denrol, 15 muestras a la vez.
- Marcador permanente punta fina.
- Ácido Fosfórico 37%.
- Tips para aplicación de adhesivo.
- Motitas de algodón.
- Sistemas adhesivos Single Bond 2 y Clearfil SE Bond (ambos disponibles en mesón de insumos de facultad odontología de la Universidad Andrés Bello sede Viña del Mar).
- Espátula TNCIGFT1 Goldstein N°1 Hu – Friedy Mini esp.
- Resina compuesta Herculite Précis, Kerr (disponible en mesón de insumos de facultad odontología de la Universidad Andrés Bello sede Viña del Mar).
- Lámpara LED Coltolux LED, Coltene/Whaledent (disponible en mesón de insumos de facultad odontología de la Universidad Andrés Bello sede Viña del Mar).

- Guía de adhesión Ultradent.
- Máquina de testeo de cama plana Shear Bond Tester Bisco.
(disponible en laboratorio de odontología restauradora, facultad odontología Universidad Andrés Bello sede Viña del Mar).

9. Análisis estadístico:

Los datos obtenidos fueron procesados con la estadística test t student, con un nivel de significancia estadística del 95% ($p < 0.05$). Se utilizó el programa SPSS 14.0 para el manejo de los datos y realización de pruebas estadísticas. Además, para comprobar la normalidad se realizó el test Shapiro Wilk y el test de Levene para ver igualdad de varianza.

10. Variables en estudio.

En la siguiente tabla se señalan las variables en estudio, en donde se especifica el tipo de variable, su definición operacional y sus límites.

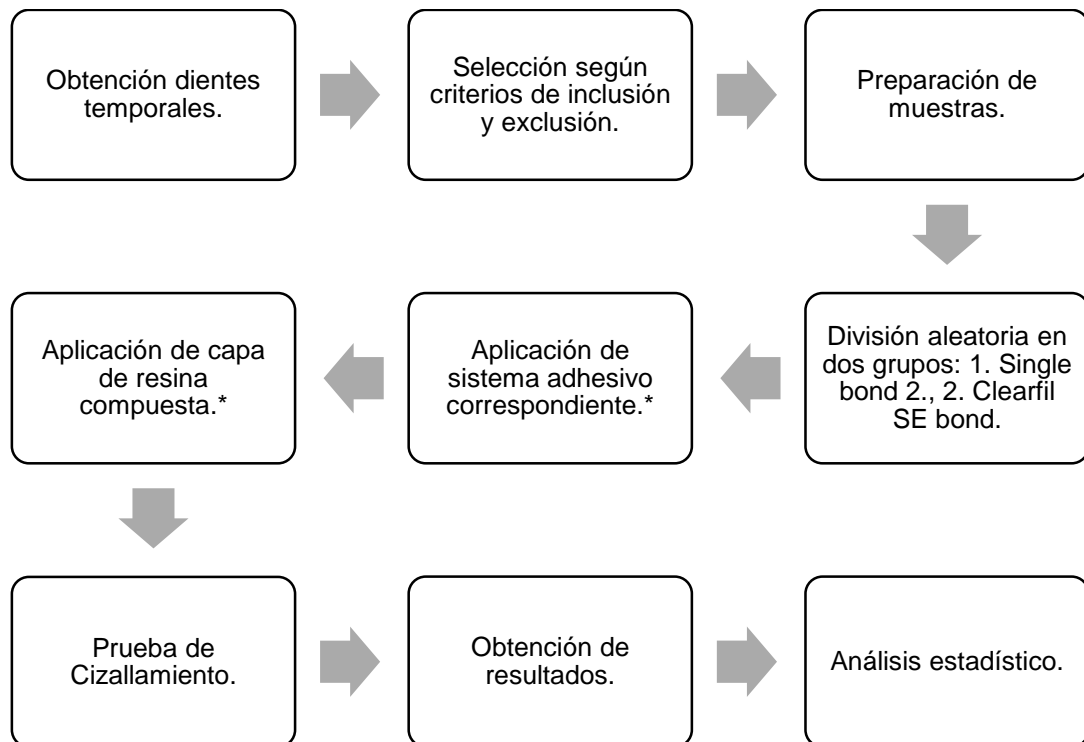
Tabla 1. Variables en estudio.

Variable (unidad de medida)	Tipo de variable	Definición operacional	Ítem
Sistema Adhesivo.	Cualitativa, nominal, dicotómica, independiente.	<i>Clasificación del sistema adhesivo según la necesidad o no de un tratamiento previo de superficie con ácido fosfórico.</i>	Grabado y lavado / Autograbante.
Tejido dentario.	Cualitativa, nominal, dicotómica, independiente.	<i>Tejido de la pieza dentaria temporal, sobre la cual se realizaron las pruebas de resistencia adhesiva.</i>	Esmalte / Dentina
Resistencia Adhesiva.	Cuantitativa, continua, dependiente.	<i>Valor medido en MPa. Obtenido en la prueba de Cizallamiento (Shear Bond Tester, Bisco)</i>	Desde 0 MPa.

11. Diagrama de flujo.

A continuación, se presenta un diagrama de flujo que resume las actividades del estudio, con el fin de contribuir con una mayor comprensión del diseño de este estudio experimental.

Tabla 2. Diagrama de Flujo



*Aplicación fue realizada según las indicaciones del fabricante.

12. Implicancias éticas, bioseguridad y otros.

Para asegurar la validez y reproducibilidad de los resultados del estudio, los dientes y los cuerpos de prueba obtenidos de ellos fueron manipulados siguiendo la norma ISO 11405 (anexo 1) para pruebas de adhesión en odontología. La que proporciona orientación sobre la selección, el almacenamiento y la manipulación del sustrato, así como las características esenciales de diferentes métodos de pruebas para el estudio de calidad de adhesivos entre los materiales dentales restauradores y la estructura dental. Además, proporciona orientación sobre las pruebas de uso clínico de dichos materiales.

RESULTADOS

1. Pruebas de resistencia al cizallamiento

Los resultados de las pruebas de resistencia al cizallamiento son presentados en la tabla 3. En los estadísticos descriptivos, se puede observar claramente una tendencia que indica que los adhesivos tienen un comportamiento diferente cuando se aplican en esmalte o dentina.

Tabla 3. Estadística descriptiva de los diferentes grupos de estudio

ESTADÍSTICO	GRUPOS			
	Grupo 1 G&L-E	Grupo 2 AG-E	Grupo 3 G&L-D	Grupo 4 AG-D
N	24	26	24	24
Mediana	23,90	16,38	11,55	23,10
Mínimo	12,28	8,57	4,06	14,35
Máximo	30,31	25,80	25,80	38,26
Promedio	21,86	15,71	12,11	23,95
IC 95%	19,68 – 24,05	13,97 – 17,45	9,48 – 14,73	21,51 – 26,40
DE	5,17	4,31	6,19	5,79
Varianza	26,76	18,61	38,39	33,60
Rango	18,03	17,23	21,74	23,91
Rango IC	8,40	6,51	9,05	9,13

Tabla 3. Estadística descriptiva de los diferentes grupos del estudio. G&L-E, Adhesivo de Grabado y Lavado en Esmalte (Single Bond 2, 3M), AG-E, Adhesivo de Autograbado en Esmalte (Clearfil SE Bond, Kuraray), G&L-D, Adhesivo de Grabado y Lavado en Dentina (Single Bond 2, 3M), AG-D, Adhesivo de Autograbado en Dentina (Clearfil SE Bond, kuraray), IC 95%= intervalo de confianza al 95%; DE= desviación estándar; Rango IC= rango intercuartílico.

Se debe hacer notar que algunas muestras resultaron en fallas adhesivas previo a la realización de las pruebas de cizallamiento, por lo cual se decidió eliminarlas de los análisis estadísticos. Esto ocurrió en los grupos de Single Bond de Esmalte y Dentina y en el grupo de Clearfil SE Bond de Dentina; en todos ellos, 2 muestras sufrieron esta falla prematura de la adhesión.

En el siguiente gráfico de barras (gráfico 1), se puede apreciar de forma más evidente las diferencias que existen entre los grupos de estudio, considerando la técnica adhesiva utilizada, ya sea de grabado y lavado (ie. Single Bond 2, 3M-ESPE) o autograbado (ie. Clearfil SE Bond, Kuraray) y el tipo de sustrato al cual se adhirió la muestra de resina compuesta (esmalte o dentina).

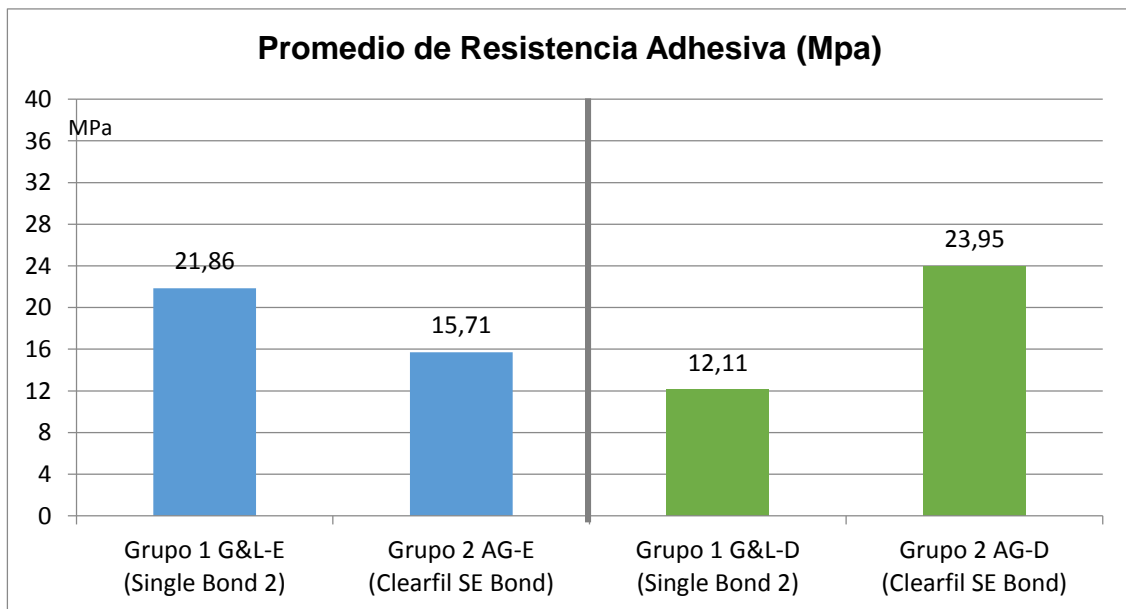


Gráfico 1. Gráfico que muestra las diferencias en el promedio de fuerza adhesiva entre los diferentes grupos de estudio.

Finalmente, en los gráficos 2 y 3 se pueden observar nuevamente las diferencias entre los estadísticos descriptivos de los diferentes grupos, considerando en este caso los estadísticos de tendencia central y los de dispersión.

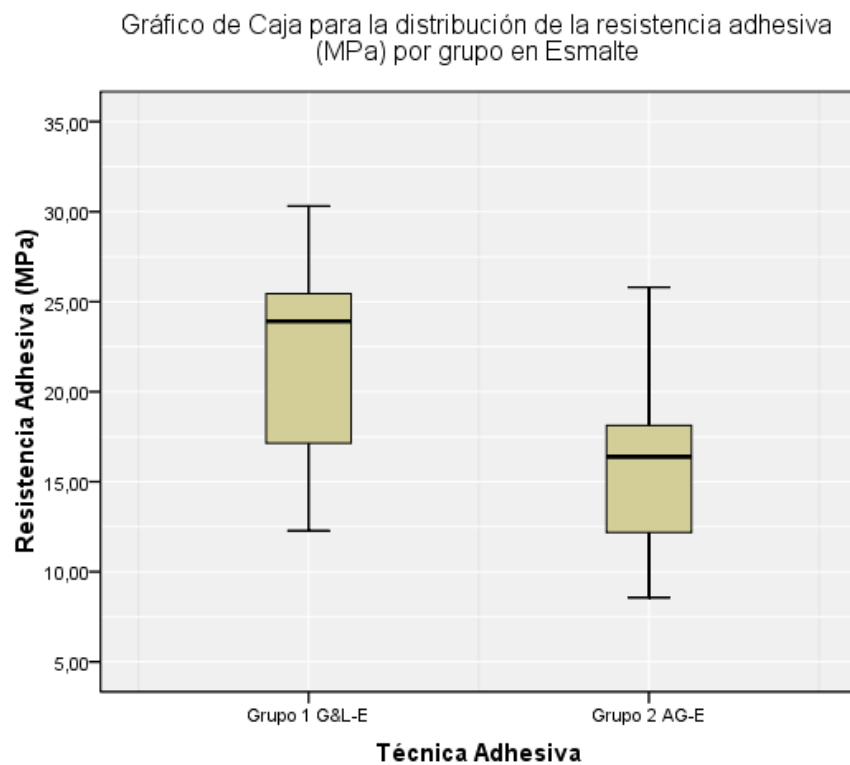


Gráfico 2. Gráfico que muestra las diferencias para los estadísticos descriptivos de los sistemas adhesivos cuando fueron aplicados en esmalte.

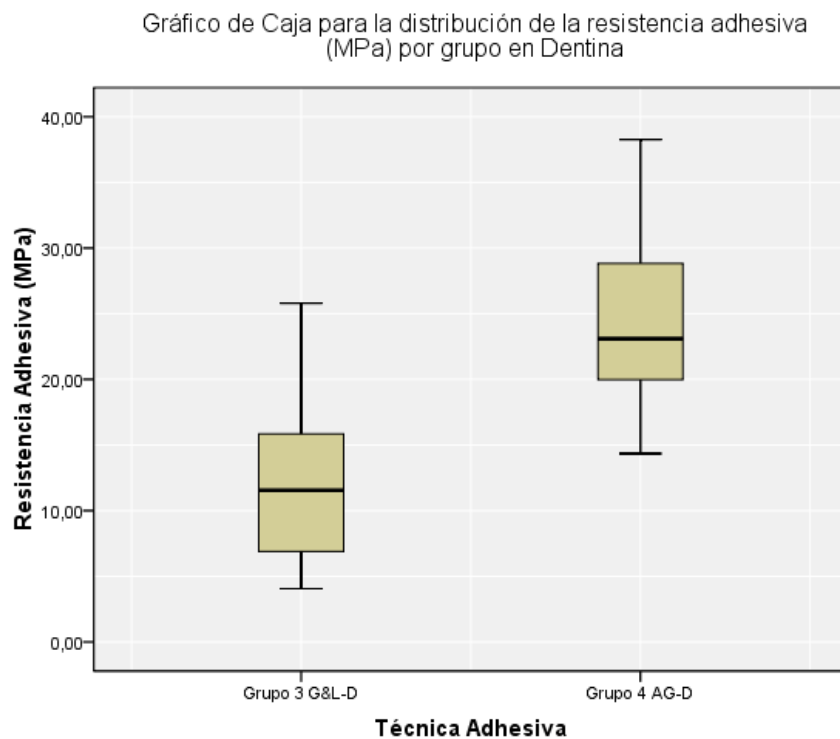


Gráfico 3. Gráfico que muestra las diferencias para los estadísticos descriptivos de los sistemas adhesivos cuando fueron aplicados en dentina.

En el caso de la estadística analítica, el test de Shapiro Wilk indicó que los resultados de las pruebas de resistencia adhesiva tenían una distribución normal (respectivamente para los grupos 1 a 4, $p=0,160$, $p=0,545$, $p=0,089$, $p=0,637$), por lo que se decidió utilizar estadística paramétrica para explorar las diferencias entre los grupos. La prueba de Levene demostró que las varianzas de las variables de resistencia adhesiva son iguales. El test t de Student rechazó la hipótesis de igualdad en las medias de los grupos, demostrando la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre ellos tanto en esmalte como en dentina ($p<0,000$) (Tablas 4, 5, 6 y 7).

Test t de Student – RESULTADOS EN ESMALTE

Tabla 4. Resistencia Adhesiva en MPa al cizallamiento para adhesivos de autograbado y de grabado y lavado en esmalte.

	Adhesivos	N	Media	Desviación Estándar	Media de error estándar
Resistencia Adhesiva (MPa)	1 G&L-E	24	21,8687	5,17386	1,05611
	2 AG-E	26	15,7150	4,31487	0,84622.

Tabla 5. Prueba de muestras independientes.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas	Test-t para la igualdad de medias							
									95% Intervalo de confianza para la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de Medias	Error estándar de la diferencia	Inferior	Superior
Resistencia Adhesiva (MPa)	Se han asumido varianzas iguales	2,414	,127	4,581	48	,000	6,15375	1,34342	3,45262	8,85488
	No se han asumido varianzas iguales			4,547	44,96	,000	6,15375	1,35331	3,42798	8,87952

La resistencia adhesiva obtenida por el sistema adhesivo de grabado y lavado Single Bond 2 es significativamente mayor que la obtenida por sistema adhesivo autograbante Clearfil SE Bond en esmalte (Tablas 4 y 5).

Test t de Student – RESULTADOS EN DENTINA

Tabla 6. Resistencia adhesiva en MPa al cizallamiento para adhesivos de autograbado y de grabado y lavado en dentina.

	Adhesivos	N	Media	Desviación Estándar	Media de error estándar
Resistencia Adhesiva (MPa)	3 G&L-D	24	12,1146	6,19598	1,26475
	4 AG-D	24	23,9583	5,79684	1,18328

Tabla 7. Pruebas de muestras independientes.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Test-t para la igualdad de medias						
									95% Intervalo de confianza para la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de Medias	Error estandar de la diferencia	Inferior	Superior
Resistencia Adhesiva	Se han asumido varianzas iguales	0,098	0,756	-6,838	46	0,000	-11,8437	1,73197	-15,3300	-8,35747
	No se han asumido varianzas iguales			-6,838	45,79	0,000	-11,8437	1,73197	-15,3304	-8,35705

La resistencia adhesiva obtenida por el sistema adhesivo autograbante Clearfil SE Bond es significativamente mayor que la obtenida por sistema adhesivo de grabado y lavado Single Bond 2 en dentina (Tablas 6 y 7).

DISCUSIÓN

Con la gran cantidad de sistemas adhesivos disponibles en el mercado actual, y la insuficiente evidencia de la que se dispone en cuanto al comportamiento de los distintos sistemas adhesivos en dentición temporal, se hace urgente la necesidad de realizar estudios que permitan al clínico escoger adecuadamente un sistema adhesivo con evidencia científica significativa, en dientes primarios. A diferencia de ensayos in vivo, que dependen de cumplimiento por parte del paciente, las pruebas in vitro producen resultados rápidos sobre el potencial del material bajo condiciones controladas.

Es importante mencionar que debido a la dificultad que implica obtener dientes primarios, es común la inclusión de especímenes con diferentes tiempos de exfoliación y almacenamiento, no obstante, según Galvão C. y cols. (2010), estas variables parecen no interferir en los valores de resistencia adhesiva. En este trabajo de investigación, se consideró un tiempo máximo de 6 meses de almacenamiento de los dientes primarios desde su extracción o exfoliación, basado en la norma ISO 11405 (anexo 1), que proporciona orientación sobre la selección, el almacenamiento y la manipulación del sustrato, para pruebas de adhesión de materiales dentales restauradores a estructura dentaria (esmalte y dentina), y en lo observado en la bibliografía. (21)

Además, en este estudio se utilizaron dientes primarios incisivos, caninos y molares. Se podría creer que existen diferencias significativas en el patrón tubular

entre los diferentes dientes primarios. Esto podría ser importante debido a que la densidad y diámetro de los túbulos dentinarios se relaciona directamente con la permeabilidad y en consecuencia con la humedad, lo que incide de manera directa con la efectividad de los sistemas de adhesión. No obstante, Castilhos H. y cols. (2014) demuestran que diferentes patrones tubulares de dientes primarios (molares primarios), no interfieren con la fuerza adhesiva de los sistemas adhesivos y sugiere que la composición y el mecanismo de acción de los sistemas adhesivos, son más importantes que el patrón tubular en el sitio adhesivo. (15)

De igual manera, la rugosidad de la superficie del área adhesiva de las muestras tiene que ser considerada como posible influyente en la resistencia al cizallamiento, debido a que, si la superficie presenta relieves o rugosidades, la fuerza de cizallamiento podría no propagarse de forma uniforme sobre la superficie adhesiva. (16) Con el fin de disminuir las asperezas del área adhesiva en este estudio, todas las muestras fueron pulidas con papel de lija abrasivo grano 600 durante un minuto.

Se decidió realizar pruebas de resistencia adhesiva al cizallamiento debido a diversas razones: 1. Es una prueba ampliamente utilizada y respaldada en la literatura; 2. No genera estrés en las muestras con procedimientos de seccionamiento después de la adhesión, procedimiento que debe ser realizado en ensayos de microtracción (19); 3. Es de fácil ejecución; 4. El tamaño de los dientes temporales es reducido y generalmente, presentan una porción radicular

mínima o nula, lo que no permite realizar otro tipo de prueba (microtracción). Además, Kensche A. y cols. (2015) mencionan que junto con la prueba de microtracción (μ TBS), que tiende a tener un gran poder de discriminación, el conocimiento actual con respecto a agentes adhesivos a menudo se recupera de la prueba de adhesión al cizallamiento. (16)

Los valores de resistencia adhesiva al cizallamiento obtenidos en este estudio para Single Bond 2 demuestran una resistencia adhesiva en esmalte primario significativamente mayor. Mientras que para Clearfil SE Bond, los resultados indican una resistencia adhesiva significativamente mayor cuando el sustrato fue dentina primaria. Por lo que se confirma la hipótesis de este estudio.

A manera de facilitar el análisis de los resultados obtenidos, estos serán discutidos a continuación de manera independiente para esmalte y dentina de dientes primarios.

Los resultados obtenidos en esmalte primario para Single Bond 2 reafirman los resultados sobre la resistencia adhesiva demostrada de los sistemas adhesivos basados en un tratamiento de grabado ácido previo, tanto en estudios de dentición permanente como temporal para dicho sustrato. (16, 18, 20, 22) Aunque es necesario recalcar que a pesar de estar demostrada esta diferencia, en general, no se obtienen diferencias estadísticamente significativas en estudios en dentición temporal para los sistemas adhesivos estudiados. (16,18, 20)

Esta diferencia en la resistencia adhesiva en esmalte para ambos sistemas adhesivos, se presume que se debe principalmente al grabado ácido preliminar que se realiza con el Single Bond 2, el cual, incluso en esmalte de dientes primarios, sigue teniendo un mejor resultado en la obtención de un patrón de grabado favorable para una buena técnica adhesiva. (16) Esto implica que los monómeros resinosos del primer se introduzcan en los microporos tridimensionales generados producto del acondicionamiento ácido y al polimerizar, generan una contracción permitiendo quedar retenidos a estos microporos por traba micromecánica, dando lugar a los *microtags* de resina y obteniendo un híbrido resina-esmalte. (7)

Pruebas in vitro, han observado que los agentes adhesivos de autograbado proveen una menor fuerza adhesiva en el esmalte de dientes primarios, en comparación con el acondicionamiento convencional del esmalte con ácido fosfórico. (16, 17, 18, 20, 22) Se ha demostrado un efecto más suave de grabado por los agentes de autograbado y una interfaz adhesiva más delgada que el encontrado con el esmalte acondicionado con ácido fosfórico. A pesar de estas características, a diferencia de esta investigación, en general, no se han registrado disimilitudes significativas de resistencia adhesiva entre las superficies de esmalte tratadas con ácido fosfórico y agentes autograbantes. (2, 16, 17, 18, 20)

Los resultados obtenidos concuerdan con lo observado en otros estudios. Por ejemplo, Kensche A. y cols. el año 2015, compararon distintos sistemas

adhesivos de grabado y lavado y de autograbado, encontrando valores de la resistencia adhesiva al cizallamiento más altos para los sistemas que utilizaron pretratamiento con ácido fosfórico en esmalte de dientes primarios, que para sistemas adhesivos de autograbado. Sin embargo, no se determinó diferencias significativas de la resistencia al cizallamiento al comparar los grupos experimentales, como las encontradas en los resultados de esta investigación. El mismo autor concluye que el grabado ácido, es de vital importancia para generar un patrón de grabado microretentivo. De igual forma, Gisovar F. y cols. el año 2014, analizaron la resistencia adhesiva al cizallamiento de distintos sistemas adhesivos de grabado y lavado y de autograbado en esmalte de dientes primarios, entre ellos Single Bond 2 y Clearfil SE Bond, revelando que, si bien Single Bond 2 presentó valores de adhesión mayores que Clearfil SE Bond, al igual que en el estudio anterior, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ellos. (20) Asimismo, Miranda C. y cols. (2006), demostraron mediante pruebas de cizallamiento valores de resistencia adhesiva en esmalte primario estadísticamente similares para Single Bond y Clearfil SE Bond. (18)

Por otra parte, Agostini F. y cols. (2001) obtuvieron resultados similares a los obtenidos en este trabajo para la resistencia adhesiva en esmalte. En que, el adhesivo de grabado y lavado presentó una fuerza adhesiva significativamente mayor al sistema adhesivo de autograbado (Clearfil SE Bond). (22)

En base a la evidencia actual, parece ser que el grabado con ácido fosfórico en esmalte provee ventajas en comparación a los sistemas de autograbado en cuanto a la fuerza adhesiva con la que se unen al tejido.

En cuanto a los resultados obtenidos en dentina, observamos una mayor resistencia adhesiva al cizallamiento estadísticamente significativa para Clearfil SE Bond en comparación con Single Bond 2. Es importante destacar que si bien, en los resultados obtenidos por otros autores (15, 19) se observan valores de resistencia adhesiva en dentina mayores para sistemas de autograbado, la tendencia es que los valores son estadísticamente similares.

Al igual que lo observado en este estudio, Castilhos H. y cols. (2014) encontraron valores de resistencia adhesiva en dentina mayores para un sistema adhesivo de autograbado de dos pasos, con diferencias estadísticamente significativas respecto del sistema adhesivo de grabado y lavado de dos pasos. Este mismo autor, concluye que nuevos sistemas adhesivos autograbantes muestran un buen rendimiento adhesivo *in vitro* en dentina de dientes primarios. Así mismo, Agostini F. y cols. (2001), encontraron valores de resistencia adhesiva significativamente mayores para el sistema adhesivo de autograbado en comparación al sistema adhesivo de grabado y lavado. (22)

En tanto, Afshar H. y cols. (2015), obtuvieron valores de resistencia adhesiva al cizallamiento en dentina mayores para Clearfil SE Bond en comparación con Single Bond 2, sin existir diferencias estadísticamente significativas. (19)

Por otra parte, Kensche A. y cols. (2015), demostraron una resistencia adhesiva al cizallamiento para sistemas adhesivos que incluían tratamiento de grabado ácido previo mayor en comparación a sistemas adhesivos de autograbado, sin revelar diferencias estadísticamente significativas. El mismo autor concluyó que en dentina, a pesar de tener el grabado ácido un impacto positivo, no hubo una diferencia estadísticamente significativa si este no se utilizaba como paso independiente. Además, en una revisión sistemática y metanálisis de estudios in vitro de sistemas adhesivos en dientes primarios realizada por Lenzi T. y cols. el año 2015, se menciona que se puede ver una tendencia de los valores de resistencia de adhesión más altos cuando se utilizan adhesivos de grabado y lavado y de autograbado de dos pasos en sustratos de dentina, en comparación con adhesivos de grabado y lavado de tres pasos y de autograbado de un solo paso. Resultados similares obtuvieron Miranda C. y cols. (2006) donde encontraron valores de adhesión en dentina mayores para Single Bond 2 que para Clearfil SE Bond, pero que estos eran estadísticamente similares entre sí.

Si bien la última evidencia recién mencionada, no concuerda del todo con los resultados obtenidos en la presente investigación, es esperable según lo reportado por la literatura, que los adhesivos autograbantes tengan mejores resultados en dentina. Esto, debido a que existen diferencias morfológicas de la adhesión entre ambos sistemas adhesivos y una de las principales implicancias en el resultado adhesivo en dentina es la formación de una capa híbrida adecuada. (19) Así es como en la dentina de dientes primarios, debido a la menor

concentración de calcio y fosfato luego del grabado ácido, se espera ver una mayor desmineralización de la dentina intertubular formándose una capa híbrida de mayor grosor, contribuyendo a una menor fuerza adhesiva. (12) Además, cuando se produce una desmineralización excesiva como podría suceder en la dentición primaria, las fibras colágenas colapsan y forman una capa densa, que puede no ser completamente infiltrada por el primer y adhesivo, dejando un área más débil al fondo de la capa híbrida, comprometiendo la eficacia adhesiva. (9, 12) Esto explica los mejores resultados obtenidos para los sistemas adhesivos de autograbado en dentina primaria, en que el primer ácido genera una desmineralización simultánea de la dentina, seguida por la penetración del monómero de resina, formando una capa híbrida de menor espesor, pero más que suficiente para lograr un gran imbricamiento entre el adhesivo y las fibras colágenas. (7, 13)

De esta manera, teniendo en cuenta los mejores resultados de resistencia adhesiva para esmalte y dentina de dientes temporales, para Single Bond 2 y Clearfil SE Bond, respectivamente, es posible recomendar una “técnica híbrida”, que conjugue los resultados obtenidos, realizando un grabado selectivo sobre esmalte, con el fin de generar un adecuado patrón de grabado; y utilizando un sistema adhesivo autograbante en dentina, aprovechando las propiedades que estos aventajan en la adhesión dentinaria. Esto ha demostrado tener los resultados esperados como lo afirman Yoshida Y. y cols. (2012). (23) Así también lo menciona Moncada G. y cols. (2014) en su revisión bibliográfica donde, dentro

de sus conclusiones hace alusión a un cambio en la filosofía adhesiva del grabado total a la “integración adhesiva” de la dentina con el uso de 10-metacriloxidecilsfosfato dihidrogenado (10-MDP) en adhesivos autograbantes, y destaca la recomendación a utilizar el grabado ácido selectivo previo en esmalte para mejorar la adhesión a dicho sustrato con estos sistemas adhesivos. (24)

A pesar de los beneficios que proporcionaría la técnica adhesiva con grabado selectivo en esmalte, es necesario tener en cuenta que en la práctica clínica se adicionaría un paso más para la aplicación de los sistemas adhesivos autograbantes. Por lo que la técnica propuesta no sería recomendada para todos los pacientes pediátricos, en los que es ideal una técnica que implique menor tiempo sillón.

Es importante destacar las ventajas de cada sistema adhesivo por separado y tratar de buscar una alternativa clínica que mejore los resultados de las restauraciones adhesivas en la dentición primaria. Por esto es necesario tener en cuenta, no sólo los resultados de pruebas in vitro, sino extrapolar estos a los desafíos clínicos que muchas veces se presentan en la atención de pacientes pediátricos. Así es como, la disminución en los pasos clínicos, sin menoscabar en el resultado del tratamiento adhesivo, proporcionarían una atención eficaz y con los resultados clínicos deseados.

Por este motivo, teniendo en cuenta los resultados y limitaciones de este estudio, al ser Clearfil SE Bond un sistema adhesivo de menos pasos clínicos y presentar

un mejor desempeño en dentina frente al sistema adhesivo de grabado y lavado, el pronóstico del cumplimiento de este adhesivo sería aún mayor. Además, es necesario considerar que las proporciones de dentina versus esmalte en dientes primarios son mucho mayores, haciendo que la ejecución del adhesivo en dentina sea de gran importancia. A esto, se suman cualidades ventajosas de los sistemas adhesivos autograbantes, como la menor cantidad de pasos clínicos, lo que implica mayor rapidez en su ejecución y una menor sensibilidad postoperatoria asociada a su uso, siendo ambas características de gran importancia en la práctica clínica de la odontopediatría. (15, 16, 20) Por todo lo anteriormente mencionado es que Clearfil SE Bond se hace más recomendable para el uso clínico en odontopediatría.

Para próximas investigaciones, se sugiere tener en cuenta la limitación que propone la superficie de sustrato dentario disponible para la adhesión en dientes primarios, la cual es muy reducida, por lo que sería beneficioso contar con un mayor número de molares primarios para realizar las pruebas de adhesión en dentina y/o utilizar un área adhesiva menor.

Teniendo en cuenta los resultados y discusión presentados, es importante resaltar la necesidad de más estudios, que evalúen el comportamiento de los sistemas adhesivos en dentición primaria, tanto sana como cariada, y con procesos de envejecimiento de los cuerpos de prueba, como el termo ciclado, para así complementar los resultados, permitiendo que sean más extrapolables

a la práctica clínica. Sumado a esto, se sugiere realizar ensayos clínicos controlados aleatorios con seguimientos prolongados, lo que permitiría proporcionar respuestas más definitivas en cuanto a cuál sistema adhesivo otorgará tasas de éxito clínico superiores.

CONCLUSIÓN

Tras las pruebas realizadas, se puede evidenciar que existe diferencia estadísticamente significativa en la resistencia adhesiva entre los sistemas adhesivos de grabado y lavado y los de autograbado en esmalte y dentina de dientes temporales.

A raíz de los resultados obtenidos, se puede concluir que Single Bond 2 presenta una resistencia adhesiva al cizallamiento en esmalte primario significativamente mayor que Clearfil SE Bond. Mientras que, en dentina primaria, los resultados indican una resistencia adhesiva significativamente mayor para Clearfil SE Bond.

BIBLIOGRAFÍA

1. Gómez de Ferraris, M.E. y Campos Muñoz A. (2009), *Histología, embriología e ingeniería tisular bucodental*, México: Médica Panamericana.
2. Kakaboura A. y Papagiannoulis L. (2005) Bonding of Resinous Materials on Primary Enamel. En Eliades, G., Watts, D., Eliades, T. (Eds.), *Dental hard tissues and bonding interfacial phenomena and related properties* (pp. 35-47). Berlín, Alemania: Springer.
3. Hueb de Menezes M., Paes C., Mirana J., Chinelatti M., Hueb de Menezes F., Guenka R. y Borsatto M. (2010) Microstructure and Mineral Composition of Dental Enamel of Permanent and Deciduous Teeth. *Microscopy research and technique*, 73, 572-577.
4. Hosoya Y., Marshall G. (2005) The nano-hardness and elastic modulus of sound deciduous canine dentin and young premolar dentin-Preliminary study. *J Mater SciMater Med*, 16, 1-8.
5. Hosoya Y., Tay F. (2006) Hardness, Elasticity, and Ultrastructure of Bonded Sound and Caries-Affected Primary Tooth Dentin. *Wiley InterScience*, 135-141.
6. Nogueira T., Alves F., Sanabea M. y Heblinga J. (2005). Shortening of primary dentin etching time and its implication on bond strength. *Journal of Dentistry*, 33, 355–362.

7. Henostroza Haro G., (Ed.) (2010), *Adhesión en odontología restauradora*, Madrid, España: Ripano.
8. Sumikawa D., Marshall G., Gee L. y Marshall S. (1999) Microstructure of primary tooth dentin. *Pediatric Dentistry*, 21, 439-444.
9. Nör J., Feigal R., Dennison J. y Edwards C. (1997) Dentin bonding SEM comparison of the dentin surface in primary and permanent teeth. *Pediatric Dentistry*, 19, 246-252.
10. Hosoya Y., Kawada E., Liu J., Oda Y. y Marshall G. (2005) Microtensile strength of primary second molar dentin. *J Mater Sci Mater Med*, 40, 6181–6186
11. Escobar Muñoz, F. y cols., (2012), *Odontología Pediátrica*, Madrid España: Ripano.
12. Osorio R., Aguilera F., Otero P. Romero M., Osorio E., García-Godoy F. y Toledano M. (2010). Primary dentin etching time, bond strength and ultra-structure characterization of dentin surfaces. *Journal of dentistry*, 38, 222–231.
13. Uekusa S., Yamaguchi K., Miyazaki M., Tsubota K., Kurokawa H. y Hosoya Y. (2006). Bonding Efficacy of Single-step Self-etch Systems to Sound Primary and Permanent Tooth Dentin. *Operative Dentistry*, 31(5), 569-576.
14. Kramer N., Tilch D., Lücher S. y Frankenberger R. (2014) Status of ten self-etch adhesives for bonding to dentin of primary teeth. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 24, 192-199.

15. Castilhos H., Lacalle M. y Guedes-Pinto A. (2014) Do different dentin tubular patterns of primary molars affect the bond strength of total-etching and self-etching adhesive systems? *Stomatol*, 20(39), 28-41.
16. Kensche A., Dähne F., Wagenschwanz C., Richter G., Viergutz G. y Hannig C. (2015). Shear bond strength of different types of adhesive systems to dentin and enamel of deciduous teeth in vitro. *Clinical Oral Investigations*. doi: 10.1007/s00784-015-1560-y
17. Lenzi T., Gimenez T., Kerber T., Medeiros F., De Oliveira R. y Procida D. (2015). Adhesive systems for restoring primary teeth: a systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Journal of Pediatric Dentistry*. doi: 10.1111/ipd.12210.
18. Miranda C., Maykot L., de Souza R. y Marino M. (2006). Shear bond strength of different adhesive systems to primary dentin and enamel. *The Journal of Pediatric Dentistry*, 31(1), 35-40.
19. Afshar H., Baradaran Nakhjavani Y., Rahro Taban S., Baniameri Z., Nahvi A. (2015). Bond Strength of 5th, 6th and 7th Generation Bonding Agents to Intracanal Dentin of Primary Teeth. *Journal of Dentistry*, 12(2), 90-98.
20. Gisovar F., Hedayati N., Shadman N. y Shafiee L. (2014). Comparing the shear bond strength of six adhesive systems to enamel of primary teeth. *Dentistry*, 4.

21. Galvão C., Bengtson A., Galvão N. y Lacalle M. (2010). Do the origins of primary teeth affect the bond strength of a self-etching adhesive system to dentin? *Brazilian Oral Research*, 24(3), 355-360.
22. Agostini F., Kaaden C. y Powers J. (2001). Bond strength of self-etching primers to enamel and dentin of primary teeth. *Pediatric Dentistry*, 23(6), 481-486.
23. Yoshida Y., Yoshidara K., Nagaoka N., Hayakawa S., Torii Y. Ogawa T., Osaka A y Van Meerbeek B. (2012). Self-assembled nano-layering at the adhesive interface. *Journal of dental Research*, 91(4), 376-381.
24. Moncada G., García R., de Oliveira O., Fernández E., Martín J. y Vildósola P. (2014). Rol del 10-metacriloxidecilfosfato dihidrogenado en el cambio de paradigma de los sistemas adhesivos integrados en dentina. *Revista clínica de periodoncia implantología y rehabilitación oral*, 7(3), 194-199.

ANEXO 1

**TECHNICAL
SPECIFICATION**

**ISO/TS
11405**

Second edition
2003-02-01

Dental materials — Testing of adhesion to tooth structure

*Produits dentaires — Essai d'adhésion à la
structure de la dent*



Reference number
ISO/TS 11405:2003(E)

© ISO 2003

PDF disclaimer

This PDF file may contain embedded typefaces. In accordance with Adobe's licensing policy, this file may be printed or viewed but shall not be edited unless the typefaces which are embedded are licensed to and installed on the computer performing the editing. In downloading this file, parties accept therein the responsibility of not infringing Adobe's licensing policy. The ISO Central Secretariat accepts no liability in this area.

Adobe is a trademark of Adobe Systems Incorporated.

Details of the software products used to create this PDF file can be found in the General Info relative to the file; the PDF-creation parameters were optimized for printing. Every care has been taken to ensure that the file is suitable for use by ISO member bodies. In the unlikely event that a problem relating to it is found, please inform the Central Secretariat at the address given below.

© ISO 2003 All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either ISO at the address below or ISO's member body in the country of the requester

ISO copyright office

Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20

Tel. + 41 22 749 01 11

Fax + 41 22 749 09 47

E-mail copyright@iso.org

Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

International Standards are drafted in accordance with the rules given in the ISO/IEC Directives, Part 2.

The main task of technical committees is to prepare International Standards. Draft International Standards adopted by the technical committees are circulated to the member bodies for voting. Publication as an International Standard requires approval by at least 75 % of the member bodies casting a vote.

In other circumstances, particularly when there is an urgent market requirement for such documents, a technical committee may decide to publish other types of normative document:

— an ISO Publicly Available Specification (ISO/PAS) represents an agreement between technical experts in an ISO working group and is accepted for

publication if it is approved by more than 50 % of the members of the parent committee casting a vote;

— an ISO Technical Specification (ISO/TS) represents an agreement between the members of a technical committee and is accepted for publication if it is approved by 2/3 of the members of the committee casting a vote.

An ISO/PAS or ISO/TS is reviewed after three years in order to decide whether it will be confirmed for a further three years, revised to become an International Standard, or withdrawn. If the ISO/PAS or ISO/TS is confirmed, it is reviewed again after a further three years, at which time it must either be transformed into an International Standard or be withdrawn.

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. ISO shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

ISO/TS 11405 was prepared by Technical Committee ISO/TC 106, *Dentistry*, Subcommittee SC 1, *Filling and restorative materials*.

This second edition cancels and replaces the first edition (11405:1994), which has been technically revised.

Introduction

The increasing importance of adhesion in restorative dentistry has made it evident that information is needed on the relative performance of materials that are claimed to bond to tooth structure. In the absence of comparative clinical trials, much emphasis has been placed on laboratory assessment of bond strength. While bond strengths cannot predict exact clinical behaviour, they may be useful for batch quality control.

Adhesive materials are used in many types of restorative and preventive work. Even if the stress on the bond in most circumstances can be defined as either tensile, shear or a combination of these, there are no specific laboratory or clinical tests which can be valid for all the various clinical applications of adhesive materials.

It is, therefore, intended with this Technical Specification to standardize as far as possible different laboratory procedures whereby the effect or quality of a bond between a dental material and tooth structure can be substantiated. By gaining experience with a specific testing system, a correlation between laboratory and clinical performance of the materials can be sought.

Dental materials — Testing of adhesion to tooth structure

1 **Scope**

This Technical Specification gives guidance on substrate selection, storage and handling as well as essential characteristics of different test methods for quality testing of the adhesive bond between restorative dental materials and tooth structure, i.e. enamel and dentine. It specifies two bond strength measurements tests (tensile and shear), a test for measurement of marginal gaps around fillings and a microleakage test, as well as giving recommendations on clinical usage tests for such materials. It also presents some specific test methods for bond strength measurements.

2 **Normative references**

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 3696:1987, *Water for analytical laboratory use — Specification and test methods*

ISO 3823-1:1997, *Dental rotary instruments — Burs — Part 1: Steel and carbide burs*

ISO 6344-1:1998, *Coated abrasives — Grain size analysis — Part 1: Grain size distribution test*

ISO 14155-11) , *Clinical investigation of medical devices for human subjects — Part 1: General requirements*

ISO 14155-21), *Clinical investigation of medical devices for human subjects — Part 2: Clinical investigation plans*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply. See also [1], [2].

3.1 adhere

to be in a state of adherence

3.2 adherence

state in which two surfaces are held together by interfacial forces

3.3 adherend

body that is held or is intended to be held to another body by an adhesive

3.4 adhesion

state in which two surfaces are held together by chemical or physical forces or both with the aid of an adhesive

3.5 adhesive

substance capable of holding materials together

3.6 bond strength

force per unit area required to break a bonded assembly with failure occurring in or near the adhesive/adherend interface

3.7 sustrate

passage of substances such as saliva, ions, compounds, or bacterial by-products between a cavity wall and the restorative material

3.8 substrate material upon the surface of which an adhesive is spread for any purpose, such as bonding or coating

4 Sampling

The amount of test material should be sufficient for all planned tests and be from the same batch.

5 Test methods

5.1 General

This Technical Specification describes essential characteristics of various types of tests:

- a) bond strength measurements — tensile and shear;
- b) gap measurement test for adhesion to dentine;
- c) microleakage test;
- d) clinical usage tests.

For substrate selection, storage and handling, specific characteristics are given in detail. While for the apparatus used for bond strength measurements, general guidelines are given. It is not the intention to recommend testing each material by every test, as some tests will not be appropriate. However, the quality and sophistication of a laboratory test cannot compensate for the fact that the final evidence of adhesive properties must be a clinical usage test.

5.2 Bond strength tests

5.2.1 Overview

Adhesive materials are used for many different purposes in the mouth. The choice of test must be considered according to the intended use of the material. This Technical Specification specifies two types of tests: tensile and shear. In addition,

several variations are described, such as application in thin film and bulk, short or long exposure time in a wet environment. A set of tests could be necessary for the proper evaluation of the bond strength of a material. When bond strength is to be measured, the raw data will be in units of force (newtons).

It is necessary to convert this into stress units — i.e. force per unit area in megapascals. Hence, control of the area and smoothness of the surface for application of the adhesive material are paramount.

Several apparatus are available for measuring the tensile or shear bond strength of an adhesive system. The critical requirements for selection of a suitable instrument for the small and sometimes fragile specimens are the following:

- the ability to mount the tooth/material specimen in the apparatus and the universal testing machine without application of load (tensile, bending, shear or torsion) on the specimen;
- a rigid construction, in order to avoid elastic deformation (or displacement) of the apparatus and the connection to the testing machine;
- for tensile testing, the ability to apply a slow and even tensile load and to align the specimen to avoid uneven stress distribution during loading;
- for shear testing, the ability to apply a load at a clearly defined area and position on the specimen, to secure an exact position for the specimen during loading until

fracture, and to have an absolute minimum of friction during movement of the load applicator (shearing blade).

5.2.2 Tooth substrate and storage

5.2.2.1 Substrate

Human permanent premolars/molars or bovine mandibular incisors of animals not more than five years old should be used for the measurement of bond strength.

When measuring bond strength to human dentine, the superficial dentine (i.e. as close to enamel as possible) on the buccal surface should be used in order to reduce variations. It is preferable to use third permanent molars from 16- to 40-year-old individuals if possible.

5.2.2.2 Time after extraction

There is increasing evidence that changes in dentine occurring after extraction could influence bond strength measurements. The effect may vary with different types of bonding materials. Ideally, bond strengths should be measured immediately post-extraction, but this is not generally feasible. It appears that most changes occur in the initial days or weeks after extraction. Therefore, teeth one month, but not more than six months, after extraction should be used.

NOTE Teeth that have been extracted for longer than six months could undergo degenerative changes in dentinal protein.

5.2.2.3 Condition of teeth

Human teeth used for bond strength measurement should be caries-free and preferably unrestored. However, small and superficial restorations not in the adhesion test area may be present. Root filled teeth should not be used.

There is some evidence to suggest that different teeth in the dentition may give different results with bonding to dentine and enamel. It is neither possible to have complete control of variables such as age of the donating patient, cultural and dietary history or state of health, nor to standardize the composition and structure of the teeth.

5.2.2.4 Storage of teeth

Immediately after extraction, the teeth should be thoroughly washed in running water and, in the case of human teeth, all blood and adherent tissue removed, preferably by the clinician. The soft tissue in the pulp chamber of bovine teeth should be mechanically removed.

The teeth should then be placed in distilled water (grade 3, ISO 3696) or in a 0,5 % chloramine-T trihydrate bacteriostatic/bacteriocidal solution for a maximum of one week, and thereafter stored in distilled water either in a refrigerator (i.e. nominal 4 °C), or frozen at below –5 °C. To minimize deterioration, the storage medium should be replaced periodically. It is essential that no other chemical agents be used, as they may be absorbed by, and alter, tooth substance.

5.2.2.5 Tooth surface preparation

A standard, reproducible, flat surface is required. Tooth surfaces should be kept wet at all times. Exposure of a tooth surface to the air for several minutes may cause irreversible changes in bonding character. Dentine is especially sensitive to dehydration.

To control the planing and the angle of the surface during preparation, the tooth should be mounted in a holder by means of dental die stone or cold-curing resin.

The absorption of resin and the heat of polymerization may adversely affect the tooth. Use a slow-setting, viscous resin. The pulp chamber of bovine teeth should be blocked (e.g. by wax) to prevent penetration of resin into dentin.

Ensure that the tooth has form, undercuts, holes or retentive pins that will secure retention in the mounting medium. The part of the tooth of interest for planing, polishing and bonding should be positioned above the upper surface of the mounting material so that polishing can be performed without contaminating the tooth surface with traces of the mounting material. Place the mounted tooth in water at $(23 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ as soon as possible.

Resins will set under water. Gypsum materials should be allowed to set in 100 % relative humidity.

A standard surface should be prepared by planing against silicon carbide abrasive paper with a grit size of P600 in accordance with ISO 6344-1:1998 [median grain size $(25,8 \pm 1) \mu\text{m}$] under running water.

Plane the exposed surface of the tooth on the wet carborundum paper fixed to a hard, plane surface. Grind until the surface is even and smooth when inspected by 2× magnification. Discard teeth that have perforations into the pulp chamber.

5.2.2.6 Application of adhesive

The tooth surface prepared for application of adhesive material should be preconditioned according to the manufacturer's instructions. If no instructions are given, rinse with running water for 10 s and remove visible water on the surface with a filter paper or by a light/brief stream of oil-free compressed air immediately before application of the adhesive material. Mix if necessary and apply the adhesive material according to the manufacturer's instructions. The procedure should be performed at $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ and $(50 \pm 5) \%$ relative humidity.

5.2.3 Treatment of results

The bond strength values obtained by tensile or shear testing generally show large coefficients of variation —

i.e. 20 % to 50 % — and should be tested statistically by an appropriate method.

If the variation is above 50 %, a thorough inspection of the overall procedure is recommended.

Bond strength results should be based on sound statistical methods and a sufficient number of specimens. If the data are normally distributed, a mean, standard deviation and coefficient of variation can be calculated. Means can be compared by analysis of variance (ANOVA). However, very often results from adhesion testing are not normally distributed. Therefore, the use of probability of failure, calculated from the Weibull distribution function, provides a suitable means of comparing many materials [3]. The stress to give 10 % failure (P_{f10}) and that to give 90 % failure (P_{f90}) are convenient ways of characterizing the strength of a bond. A minimum of 15 specimens is required in each group for the application of Weibull statistics.

5.2.4 Tensile bond strength

5.2.4.1 General requirements

Two critical parameters should be considered when designing test equipment and preparing specimens for tensile testing of bond strength:

alignment of the tensile forces acting on the specimen;

a clear limitation of the bonding area.

5.2.4.2 Alignment

The test apparatus should secure alignment between substrate and adhesive material, i.e. the tensile force should be applied at a 90° angle in respect of the planed substrate surface.

The connection between the apparatus and the crosshead of the universal testing machine should be by a universal joint, chain or string.

5.2.4.3 Adhesive and/or adherend material in bulk

If it is intended that the adhesive be applied as a thin film with the adherend material in bulk, or that the adhesive material be applied in bulk, a limitation of the bonding area is important. This can be achieved by a material holder having a sharp edge contacting the tooth surface and able to stabilize the material or materials on the tooth surface for curing.

For light-curing adhesives or adherend materials, the material holder should give sufficient access to the curing light (e.g. by being made partly or totally of a transparent material).

When using material holders for multiple uses, coat the inner part of the material holder with a mouldreleasing agent. Avoid coating the edge of the holder. Apply a thin layer of the adhesive material onto the tooth surface. Fill the material holder to slight excess with the adhesive or the adherend material and place it firmly in the correct position on the tooth. Ensure that the material holder maintains contact with the tooth surface in the correct alignment during fixation. The fixation of the material holder should be finished within the manufacturer's stated working time of the adhesive material.

5.2.4.4 Adhesive material as thin film and adherend material as preformed rod

When using a preformed rod as the adherend material, fix to the planed tooth surface a thin tape of material non-reactive with the adhesive and having a hole of the same dimensions as the contact area of the rod. Apply a thin layer of the adhesive material on the tooth surface inside the hole in the tape and lower the adherend rod to contact the adhesive material inside the hole. Fix the rod in exact position and alignment and place a load of 10 N on top for 10 s. The total procedure from application of the material to the fixation of the upper rod should be performed within the manufacturer's stated working time. Remove the tape after curing, without applying any adverse force on the bonded specimen. See also 5.2.5.3.2.

5.2.4.5 Storage of test specimens

Test specimens should be prepared at (23 ± 2) °C and stored in water at (37 ± 2) °C prior to testing. Storage in water for 24 h is normally sufficient to discriminate between those materials that cannot and those that can withstand a wet environment. Thermal cycling between 5 °C and 55 °C may be used as an accelerated ageing test. Longer periods of water storage may be necessary to show durability of the bond.

The recommended procedures are the following.

- Test type 1: short-term test after 24 h in water at 37 °C.

- Test type 2: thermocycling test comprising 500 cycles in water between 5 °C and 55 °C, starting after 20 h to 24 h storage in water at 37 °C. The exposure to each bath should be at least 20 s, and the transfer time between baths should be 5 s to 10 s.

- Test type 3: long-term test after six months storage in water at 37 °C.

The specimens should be tested for bond strength immediately after removal from water.

5.2.4.6 Tensile loading

The test should be performed at (23 ± 2) °C and (50 ± 5) % relative humidity. Mount the tensile test specimen in the testing apparatus. Do not apply any bending or rotational forces to the adhesive material during mounting. Apply the tensile load in accordance with 5.2.4.7.

5.2.4.7 Strain rate for bond breakage

The recommended standard strain rate for testing a bonded specimen is $(0,75 \pm 0,30)$ mm/min crosshead speed, or a load rate of (50 ± 2) N/min.

NOTE The stiffness of the various testing machines and bond assemblies varies widely and hence load rate is more meaningful than crosshead speed.

5.2.5 Shear bond strength

5.2.5.1 General requirements

Two critical parameters should be carefully considered when designing test equipment and in the preparation of specimen for shear testing of bond strength:

- a) a defined and limited bonding area;
- b) an apparatus and a specimen assembly which allows a reproducible positioning of the shearing force as close as possible to the adhesive interface of each specimen.

5.2.5.2 Tooth surface preparation See 5.2.2.5.

For the shear bond strength test, the prepared tooth surface should protrude not more than 1 mm from the top surface of the mounting material in order to avoid bending moments (see also 5.2.2.5).

5.2.5.3 Application of adhesive material

5.2.5.3.1 Adhesive and/or adherend material in bulk

If it is intended that the adhesive material be applied as a thin film with the adherend material in bulk, or that the adhesive be applied in bulk, a limitation of the bonding area is important. This can be achieved by firmly clamping a split mould of polytetrafluoroethylene (PTFE) or other suitable material (see Figure 1), to the tooth specimen using a suitable device (see Figure 2). Alternatively, an adhesive tape with a hole of the same geometry and size as the determined

bonding area can be applied to the tooth surface. However, ensure that the adhesive does not affect the tape.

Following the manufacturer's instructions, apply the adhesive to the tooth surface in the hole. If adhesive tape is used, position the mould over the hole in the adhesive tape and clamp in place. Fill the mould with the adherend material using a method involving minimal risk for entrapment of air along the contact area of adhesive. After curing, remove the specimen from the apparatus and the adhesive tape without applying any adverse force on the specimen — i.e. shear, bend or rotation.

5.2.5.3.2 Adhesive material as thin film and adherend material as preformed rod

When using a preformed rod as the adherend material, fix a thin tape non-reactive with the adhesive in accordance with 5.2.4.4. Apply a thin layer of the adhesive material inside the hole in the tape and place the adherend rod exactly on the hole. Fix the rod in exact position and as close as possible to an angle 90° to the tooth surface during the necessary curing time, and apply a load of 10 N on top for 10 s. The total procedure from application of the material to the fixation of the rod shall be performed within the manufacturer's stated working time. Remove the tape after curing, without applying any adverse force on the bonded specimen. To control the angle between the long axis of the rod and the tooth surface, the rod may be positioned and fixed in the same apparatus used for preparation of

specimens in 5.2.5.3.1 (split mould and apparatus in Figures 1 and 2). See also 5.2.4.4.

5.2.5.3.3 Adhesive material used as bulk

Use a split mould and fill completely with the adhesive material as described in 5.2.5.3.1.

5.2.5.4 Storage of specimens

See 5.2.4.5 for tests of types 1, 2 and 3: respectively, short-term, thermocycling and long-term storage.

5.2.5.5 Shear loading

Position the specimen in the loading rig. Fix the specimen in the correct position with the adhesive interface within 0,5 mm of the shearing blade in order to prevent displacement during loading. Mount the rig in a universal testing machine and apply the load in accordance with 5.2.4.6.

5.2.5.6 Strain rate See 5.2.4.6.

5.3 Gap measurement test for adhesion to dentine

5.3.1 Overview

The gap measurement test is another approach to demonstrating the efficacy of an adhesive material intended to bond a filling material to dentine [4]. This type of test involves the laboratory preparation of a tooth cavity and its subsequent filling

with the test material or combination of materials. The resulting “restoration” and tooth are sectioned or ground to reveal the cavity wall/restoration interface.

If the filling has been placed correctly, the principal reason for the formation of a gap or gaps around it is the polymerization shrinkage of the restorative material system. The dentine-bonding agent is intended to withstand the forces of this shrinkage and if totally effective no gap will be formed.

If the bond is partially effective at withstanding the forces, some of the polymerization shrinkage will be manifested by external dimensional changes before the interface breaks down. Therefore, a small gap will demonstrate a more effective agent in contrast to one associated with a large gap. The test can be used to evaluate the effectiveness of the adhesive at various times after completion of the restoration.

If a particular bonding agent is recommended for a specific restorative material, then this particular combination should be tested. The test is technique-sensitive and the tester needs good training in handling and application of all the materials used in the procedure, as well as proficiency in dental cavity preparation [4].

The test should be performed at (23 ± 2) °C in order to limit influences from thermal changes.

5.3.2 Tooth substrate and storage See clause 5.2.2.

5.3.3 Cavity preparation

The teeth should be conditioned in distilled water at (23 ± 2) °C for a minimum of 12 h prior to the experimental procedure.

Plane the buccal surface of the tooth on wet silicon carbide paper (see 5.2.2.5), fixed to a hard, plane surface, to expose a dentine area of at least 4 mm diameter. Prepare a dentine cavity $(3,0 \pm 0,1)$ mm in diameter, approximately 1,5 mm deep, with a cavosurface angle of approx. 90°. Use a carbide bur with a straight flat fissure head with flat end and without cross-cuts (ISO 3823-1:1997, clause 5.3.2.4) at approx. 4 000 r/m and with liberal water-cooling. The specimen should be assessed at 5× magnification to ensure that the entire cavosurface margin is surrounded by dentine.

5.3.4 Filling procedure

Follow the manufacturer's instructions closely, including the choice of other necessary materials and all other steps necessary for completion of the total filling procedure.

NOTE Syringing high viscosity materials into the cavity reduces the risk of voids along the cavity walls.

5.3.5 Storage of specimen

After completion of the restoration, store the specimen in water (ISO 3696, grade 3) at (23 ± 2) °C. To test the initial effect of an adhesive in preventing gaps due to contraction of the restorative material, specimens should be inspected at (10 ± 2) min of storage. Other storage times will be appropriate for long-term assessment of an adhesive.

5.3.6 Gap measurement

Remove approximately 0,1 mm of the surface of the filling and dentine by gentle, wet grinding on silicon carbide paper with a median particle size of 8 µm (grade P2500, ISO 6344-1). The surface of the specimen should be kept wet continuously and at a temperature of (23 ± 2) °C.

Rinse the specimen surface thoroughly with a water spray to remove debris in the gaps. Measure the maximum width of the widest gap observed along the circumference of the cavity wall using a device such as a measuring microscope. The measurement should be performed without dehydration of the tooth/filling surface, (e.g. in a water-saturated chamber). A minimum of 10 cavities should be examined.

5.4 Microleakage test

5.4.1 Overview

A microleakage test is another way of testing the efficacy of a material or a combination of materials to establish bonds to both enamel and dentine. A variety of methods have been described with some variations in results. Standardization of such methods is therefore necessary in order to obtain comparable results from different laboratories. In this respect it seems important to standardize quality of teeth, type of cavity and the quantification of leakage. The type of tracer substance does not seem to be of major importance, apart from radioactive tracers that will show diffusion of water through closed interfaces in addition to leakage along patent interfaces.

5.4.2 Tooth substrate and storage See clause 5.2.2.

5.4.3 Cavity preparation

Teeth should be conditioned in distilled water at (23 ± 2) °C for a minimum of 12 h prior to use.

Several cavity types are of interest when studying leakage. When testing the quality of a particular material or combination of materials to prevent leakage, a standard 3 mm diameter cavity with a depth of at least 1 mm into the dentine in the mid-part of the buccal surface of a third molar should be used.

Start cavity preparation in enamel with a high-speed handpiece using a small cylindrical diamond bur. Finish cavity walls to a diameter of $(3 \pm 0,2)$ mm with a carbide bur having a straight flat fissure head with flat end and without cross-cuts (ISO 3823-1:1997, clause 5.3.2.4) at approximately 4 000 rpm and with liberal water cooling.

If a cavity solely surrounded by dentine is of interest, follow the procedure described in 5.3.3. A minimum of 10 cavities should be examined.

5.4.4 Filling procedure See 5.3.4.

5.4.5 Storage of specimens

Immediately after completion of the filling procedure, immerse the specimen in the tracer solution and store at (23 ± 2) °C for 24 h.

If the effect of thermocycling is part of the test, start the thermocycling procedure according to 5.2.4.5 after 24 h storage at (23 ± 2) °C. After the end of thermocycling, immerse the tooth in a tracer solution for 10 min.

5.4.6 Measurement of microleakage

Cut the tooth longitudinally twice at either side of midline of the cavity with a slow-speed diamond saw under water-cooling. Score all four surfaces, if possible, for microleakage. Inspect under a microscope at 10× magnification for penetration of tracer along the cavity walls.

Normally, use the following quantification.

- No penetration = 0.
- Penetration into the enamel part of the cavity wall = 1.
- Penetration into the dentine part of the cavity wall but not including the pulpal floor of the cavity = 2.
- Penetration including the pulpal floor of the cavity = 3.

If using a dentine cavity only, use the following quantification.

- No penetration = 0.
- Penetration into the dentine/material interface, but not including the pulpal floor of the cavity = 1.
- Penetration including the pulpal floor of the cavity = 2.

5.4.7 Treatment of results

Count the number of observations and use non-parametric statistics when comparing products or procedures.

5.5 Clinical usage tests

5.5.1 Introduction

A clinical usage test is so far the only real basis for judgment of clinical efficacy and lifetime of an adhesive material. Such tests should be designed and performed according to accepted clinical procedures and the intended use of the material.

5.5.2 Method

Clinical usage tests should be in accordance with ISO 14155-1 and ISO 14155-2 or appropriate protocols such as those that may be available from [5] or as follows.

5.5.3 Restorations

The type of restoration used should be decided according to the intended use of the material. If cavities are prepared, a cavity type with limited variations in form and size is preferred.

5.5.4 Observation time

Total observation time should be three years, with restorations observed at baseline and at least once a year during this time.

5.5.5 Sample size

Sample size will depend upon recall rate. In general, the number of restorations at the end of three years should be not less than 80 % of the number at baseline and at least 25. The reasons for loss of patients or failure of restorations or both should be identified.

5.5.6 Clinical procedures

A detailed description of the clinical procedures comprising design, instruments used, pretreatment of surfaces, mixing and placement of material, finishing etc., should be given.

5.5.7 Evaluation

The evaluation should include both direct and, if possible, indirect clinical methods. Direct clinical methods should be based on [5], [6] or the “modified Ryge-criteria”. [7] Indirect methods should be used to assess marginal staining, loss of material etc.

5.5.8 Treatment of results

Consideration should be given to the use of a life-table analysis in order to take into account loss of patients or loss of restorations due to unrelated causes [8], [9].

Dimensions in millimetres

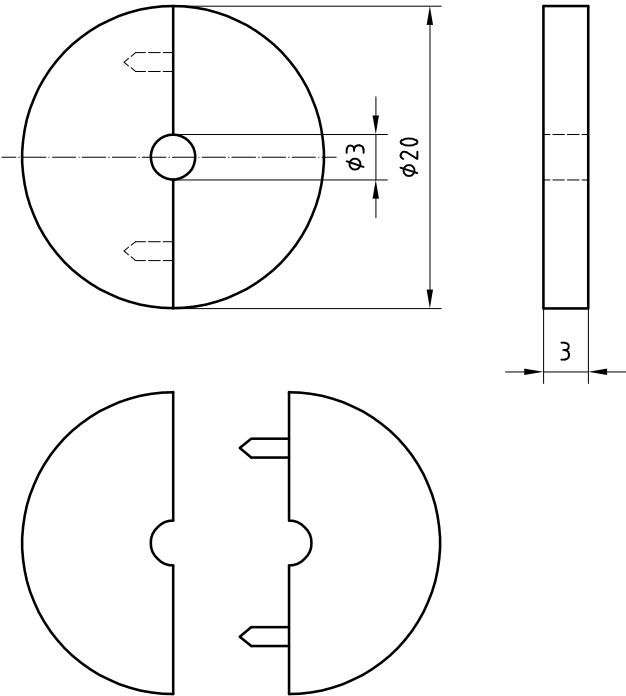
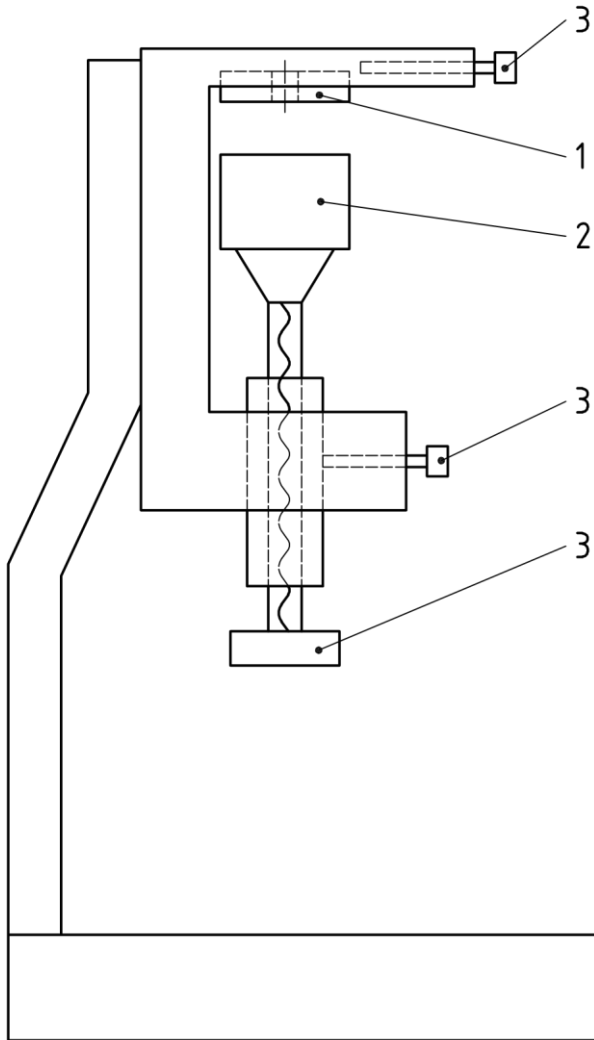


Figure 1 — Split mould



Key

split mould

tooth holder

fixation screw

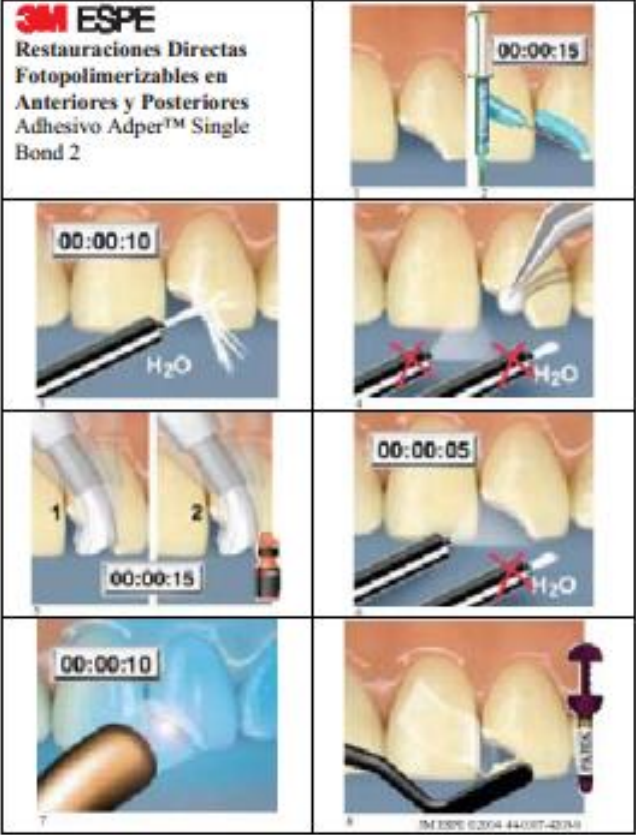
Figure 2 — Apparatus for fixation of split mould to tooth

ANEXO 2

Adhesivo Adper™ Single Bond 2

Instrucciones para restauraciones directas fotopolimerizables en esmalte y dentina:

1. Aislamiento: El dique de hule es el método preferido de aislamiento.
2. Preparación de la cavidad: Prepare la cavidad con una reducción mínima de las estructuras dentales. Bisele los márgenes del esmalte en el ángulo cabo superficial.
3. Grabado: Aplique el ácido grabador Scotchbond™ Etchant al esmalte y la dentina. Espere 15 segundos. Enjuague durante 10 segundos. Absorba el exceso de agua con una torunda de algodón o una mini esponja. La superficie debe verse brillante y sin acumulación de agua.
4. Adhesivo: Inmediatamente después de absorber el exceso de humedad, aplique de 2 a 3 capas consecutivas de adhesivo a la dentina y esmalte previamente grabados, frotando suavemente durante 15 segundos el aplicador completamente saturado contra las superficies dentales. Adelgace el adhesivo aplicando un chorro de aire suave durante cinco segundos para evaporar los solventes. Fotopolimerice por 10 segundos.
5. Colocación, polimerizado y terminado de la restauración: Para la colocación, polimerizado y terminado de la restauración consulte las instrucciones del fabricante.



ANEXO 3

Adhesivo Clearfil™ SE Bond

Instrucciones de uso para restauraciones fotopolimerizables en esmalte y dentina:

[...] A.6: Tratamiento de la superficie dental:

Prepare la cantidad necesaria de PRIMER en el disco de mezcla inmediatamente antes de aplicarla.

Aplique la mezcla a toda la pared de la cavidad con una esponja o con la punta de un pincel desechable. Espere 30 segundos. Tenga cuidado durante un mínimo de 30 segundos de que la saliva ni materia exudada alguna entren en contacto con las zonas tratadas.

Luego de acondicionar la superficie por 30 segundos, evapore los ingredientes volátiles por medio de un suave chorro de aire exento de aceite.

A.7 Adhesión:

Vierta la cantidad necesaria del líquido BOND en un compartimento del plato de mezclas.

Aplique BOND a toda la superficie de la cavidad con una esponja o punta de pincel de usar y tirar.

Después de la aplicación, haga que la película fijadora adopte una forma tan uniforme como sea posible usando un suave chorro de aire exento de aceite.

Fotopolimerice el agente adhesivo durante 10 segundos con una lámpara polimerizadora.

Aplicación de composite fotopolimerizable [...].

