



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

EVOLUCIÓN DE LOS ADHESIVOS EN ODONTOLOGÍA
RESTAURADORA

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N O D E N T I S T A

P R E S E N T A:

FRANCISCO JAVIER GUTIÉRREZ CONTRERAS

TUTOR: Esp. GASTÓN ROMERO GRANDE

ASESORA: Esp. MARÍA ALICIA VALENTI GONZÁLEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



AGRADECIMIENTOS

A MI ABUELITA IRMA REYEZ SANCHES

Por cuidarme durante toda la vida y apoyarme en las buenas y en las malas, no tengo forma de pagarte todo lo que has hecho por mi.

Sabes que de una forma o de otra te agradezco todo lo que has hecho por mi.

A MIS PADRES

Por cuidarme en todo lo que llevo de vida y por preocuparse por mi, los quiero mucho y gracias por todo el apoyo que me han brindado, han sido un gran ejemplo para mi.

A MIS AMIGOS

RAUL, DIEGO Y ANTONIO por escucharme en los buenos y malos momentos y apoyarme cuando lo necesitaba, Saben que se les estima.

AL DR. GASTÓN ROMERO Y LA DR. ALICIA VALENTI

Por darme a entender que todo en la vida cuesta y por enseñarme a ser disciplinado.

Gracias por el tiempo que estuvimos juntos y por ser un ejemplo para mi, siempre guardare en mi corazón un gran cariño hacia ti, has sido la persona mas importante que e podido conocer en mi vida y le doy gracias al destino por haberte conocido con cariño y amor.

KAREN ALINE



ÍNDICE

Introducción.....	6
CAPÍTULO I	
Antecedentes.....	8
CAPÍTULO II	
2. Conceptos básicos.	
2.1 Adhesión.....	15
2.2 Cohesión.....	18
2.3 Tensión superficial.....	19
2.4 Energía superficial.....	20
2.5 Capilaridad.....	20
2.6 Tixotropismo.....	21
2.7 Mojamiento.....	21
2.8 Adsorción, absorción y sorción.....	23
CAPÍTULO III	
3. Adhesión a esmalte y dentina.	
3.1 Importancia del sustrato adherente.....	24
3.2 Adhesión a esmalte.....	24
3.3 Adhesión a dentina.....	27



CAPÍTULO IV

4. Sistemas adhesivos según su evolución.

4.1 Primera generación.....	45
4.2 Segunda generación.....	48
4.3 Tercera generación.....	49
4.4 Cuarta generación.....	52
4.5 Quinta generación.....	53
4.6 Sexta generación.....	55
4.7 Séptima generación.....	59

CAPÍTULO V

5. Grabado Ácido.

5.1 Tipos de ácidos y su concentración.....	61
5.2 Patrones de grabado en esmalte.....	65
5.3 Acondicionamiento de la dentina.....	69

CAPÍTULO VI

6 Factores clínicos de la adhesión dentinaria.

6.1 Contracción de la polimerización.....	74
6.2 Repercusiones biológicas.....	74
6.3 Sensibilidad postoperatoria.....	75

CONCLUSIONES.....	77
-------------------	----

FUENTES DE INFORMACIÓN.....	78
-----------------------------	----



INDICE DE IMAGENES

<i>Fig. 1 Formula del primer adhesivo dentinario.....</i>	<i>9</i>
<i>Fig. 2 Fórmula de la resina Bis-MA.....</i>	<i>11</i>
<i>Fig. 3 Composición del esmalte.....</i>	<i>26</i>
<i>Fig. 4 Composición de la dentina.....</i>	<i>29</i>
<i>Fig. 5 Proceso de acondicionamiento de la dentina.....</i>	<i>31</i>
<i>Fig. 6 Túbulos dentinarios cubiertos de barrillo dentinario.....</i>	<i>32</i>
<i>Fig. 7 Grosos del Smear Layer.....</i>	<i>33</i>
<i>Fig. 8 Adhesivo adheSE[®] DC activator de 5ta generación.....</i>	<i>43</i>
<i>Fig. 9 Composición de una resina.....</i>	<i>43</i>
<i>Fig. 10 Composición de un adhesivo.....</i>	<i>47</i>
<i>Fig. 11 XENO[®]III adhesivo de 6ta Generación.....</i>	<i>57</i>
<i>Fig. 12 Adhesivo de 3M[®] ESPE.....</i>	<i>59</i>
<i>Fig. 13 Ácido Fosforico al 37%.....</i>	<i>64</i>
<i>Fig.14 Tipos de patrones de grabado en el esmalte.....</i>	<i>67</i>
<i>Fig.15 Grabado ácido en esmalte y dentina.....</i>	<i>68</i>
<i>Fig. 16 Dentina impregnada de adhesivo.....</i>	<i>71</i>
<i>Fig. 17 Dentina vista después del grabado ácido.....</i>	<i>72</i>



INTRODUCCIÓN

El desarrollo de los sistemas adhesivos a revolucionado los principios de la odontología restauradora en la actualidad. La preservación de la mayor cantidad de estructura dental, es el principal objetivo de la odontología restauradora. El aumento en la demanda de los pacientes por las restauraciones estéticas, así mismo la evolución de los materiales restauradores y adhesivos ha logrado que la odontología adhesiva sea una excelente opción restauradora, permitiéndonos la preservación de tejido dentario devolviendo la función además de que es más estético.

Es importante conocer los diferentes sistemas de adhesión y tener presente las características que deben tener tanto la superficie adherente, que en estos casos es el diente, como el adhesivo; para entenderlo bien, debemos recordar las características morfológicas de la composición y el comportamiento del sustrato en el esmalte y la dentina.

Desde 1955 Michael Buonocore, descubrió que las resinas autopolimerizables de dimetacrilato de metilo se podrían adherir a la estructura dental, desde entonces se presentaron avances significativos y constantes en la odontología adhesiva, que permitieron ampliar nuestras posibilidades de tratamiento realizando restauraciones adhesivas directas o indirectas uniendo materiales restauradores a piezas dentales y también facilitando la protección del complejo dentino-pulpar.

Los sistemas adhesivos contemporáneos son la resultante de continuos esfuerzos de investigación, buscando una mayor biocompatibilidad, reduciendo la sensibilidad a la técnica asociada con los actuales sistemas y disminuir el tiempo de trabajo.



Uno de los objetivos evidentes de los fabricantes es desarrollar un material adhesivo que se una a la dentina por lo menos con la misma fuerza con que se une la resina al esmalte grabado.

Realizando una manipulación adecuado de los ácidos grabadores, así como de los adhesivos, evitaremos el fracaso en la adhesión al diente, de los sistemas adhesivos así como alteración en la estructura dental, provocando reincidencia de caries, dolor postoperatorio, microfiltraciones, afectación pulpar, etc., de esta forma obtendremos un máximo de eficacia en los materiales adhesivos disponibles.



CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

La adhesión a los tejidos del diente es una de las innovaciones más importantes que se han producido en el ejercicio odontológico a lo largo de su historia, principalmente en la última mitad del siglo XX.

En el siglo XXI es común la práctica de la adhesión en un sin número de acciones clínicas, muchas veces sin valorar la importancia de esta herramienta, que en décadas pasadas resultaba inimaginable aplicarla en nuestra profesión.

Es importante ubicar en el tiempo aquellos acontecimientos que marcaron la evolución de la adhesión. Tales acontecimientos siguen simultáneamente, no una, sino varias rutas generalmente paralelas.

Su meta de los adhesivos es lograr la adhesión, de acuerdo con su orientación se pueden diferenciar dos importantes grupos. El primero se encamina a obtener adhesividad a los tejidos dentales (esmalte - dentina), mientras que el segundo busca lograr la adhesión a las estructuras artificiales (metálicas, cerámicas y poliméricas), utilizadas en la elaboración de restauraciones indirectas. Hablaremos de los acontecimientos más relevantes del primer grupo.

En 1949 el químico suizo Oscar Hagger, patentó un producto basado en el dimetacrilato del ácido glicerofosfórico, y la compañía *Amalgamated /De Tray*[®] lo comercializó con el nombre *de sevriiton cavity seal*[®]. Fue el primer intento para lograr la adhesión.¹

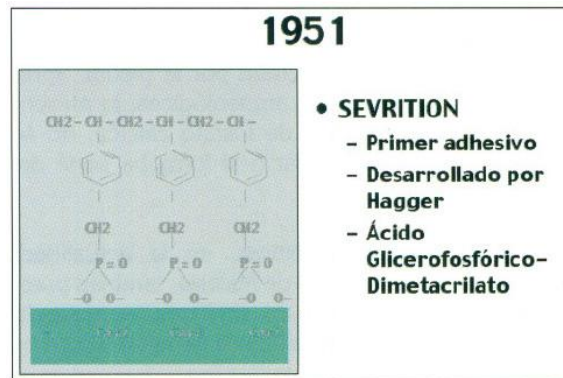


Figura 1. Fórmulas del primer adhesivo dentinario.

En 1955 Michael Buonocore publicó un artículo titulado “*un método simple para mejorar la adhesión de resinas acrílicas a la superficie del esmalte*”; en él menciona que la resina auto-polimerizable a base de metacrilato de metilo podía ser unida al esmalte de los incisivos de humano, aunque la resina acrílica no fuese adhesiva, siempre y cuando el esmalte fuera grabado químicamente. El ácido fosfórico, era el agente de elección, aplicándose en la superficie del esmalte por 30 segundos, en una concentración de 85% y posteriormente lavado con agua. Se formaban microporosidades en la superficie, las cuales permitirían la penetración de las resinas acrílicas, que encajarían en las microporosidades creadas, promoviendo una fuerte unión mecánica. El mecanismo micromecánico por el cual las resinas se adhieren fue descrito por Gwinnett y Buonocore y complementada por Gwinnett y Matsui los cuales detallaron la micro morfología de la interface de la resina y esmalte.²

Cuando ocurre el acondicionamiento ácido del esmalte, se remueve aproximadamente 20 – 25 micrómetros de superficie selectivamente, disolviendo las terminaciones de los prismas del esmalte; esta disolución del componente inorgánico genera una superficie porosa de diferentes profundidades, las cuales actúan como un sistema de canales en que un material resinoso poco viscoso puede fluir, juntándose y promoviendo una unión mecánica efectiva.



El simple hecho de acondicionar la superficie con un agente ácido aumenta la reactividad superficial, facilitando una interacción óptima con los materiales observado por Jendresen Y Glantz, que reportaron un aumento en la tensión superficial después del acondicionamiento del esmalte.⁴

Es importante resaltar que una superficie tan reactiva necesita estar bien protegida de contaminación durante la fase inicial del procedimiento de adhesión, la saliva por ejemplo, contiene proteínas que absorbe el esmalte acondicionado, reduciendo significativamente la penetración resinosa.

Después de la desmineralización superficial del esmalte, la resina, además de ocupar las porosidades del tejido, también encapsula los cristales sobrantes, protegiéndolos contra una futura disolución, es decir, después de la polimerización de la resina infiltrada ocurre la formación de un composite esmalte, resina, sustrato que tiene dos funciones; sella y protege el esmalte externo con el cual está en contacto y la presión micromecánica de la resina actúa como un importante mecanismo para retener la masa (mayor volumen) de resina existente en la parte del esmalte y con la cual la resina se hace continua. A la porción de resina que ocupa porosidades dentro del esmalte es denominada como TAG (prolongamientos retentivos)³

En 1962 Rafael Bowen patentó la fórmula de resinas compuestas (*ver fig.2*) a base de Bis-GMA (producto de la reacción entre un Bisfenol y el Metacrilato de Glicidilo) conocido como fórmula de Bowen. Así se dio el inicio al desarrollo de materiales poliméricos que son capaces de adherirse al esmalte.

En 1965 Bowen sintetiza un monómero de alto efecto superficial: N-fenil-glicine glicidil- metacrilato (NPG-GMA). Este sistema adhesivo

potencial de quelación al calcio dentario, poseía un bajo valor de resistencia adhesiva (2 MPa). A partir de la síntesis de NPG-GMA (n-fenil glicina y glicilmetacrilato) realizada por Bowen (1965) se considera la primera generación de adhesivos.¹

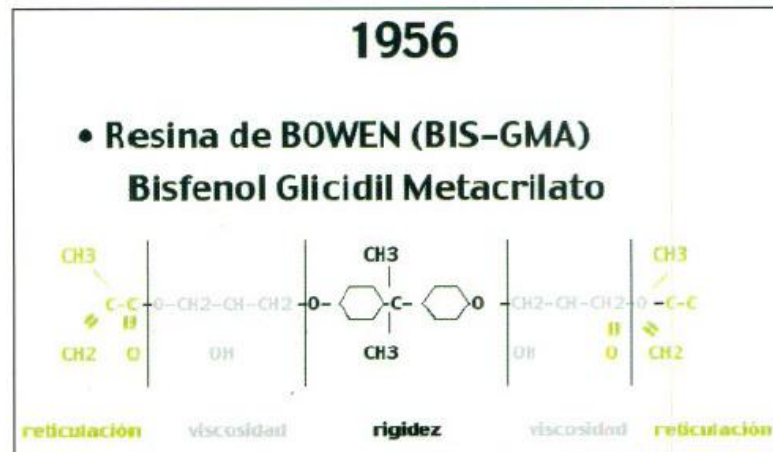


Figura 2 Fórmula de la resina de Bis-GMA.

En 1966 Newman y Sharpe modificaron la consistencia del adhesivo, eliminando su relleno cerámico, produciendo así una resina de muy baja viscosidad, siendo la primera en adherirse al esmalte.

La búsqueda de la adhesión a la dentina, se ve obstaculizada porque a diferencia del esmalte, la dentina no presenta características homogéneas que favorezca su adhesividad. Sus importantes variaciones topográficas, su composición química con alto contenido orgánico y agua, la presencia de fluido dentinario son barreras que dificultan la adhesión. Otro factor desfavorable para la adhesión dentinaria es la presencia de una capa superficial característica que se forma después de la instrumentación rotatoria de la dentina. Boyde y colaboradores, en 1993 denominaron a dicha capa: barrillo dentinario o *Smear Layer*, la cual consiste primordialmente de detritus y dentina desorganizada.^{1,5,6}

Pashley y sus colaboradores comprobaron que el *barrillo dentinario* es capaz de disminuir la permeabilidad de la dentina en aproximadamente un



86%, tiene micro canales entre partículas, que pueden permitir tanto la salida del fluido de la dentina como la entrada de toxinas microbianas y agentes destructivos de la pulpa.

En 1970 David Pick y colaboradores, fueron los primeros en identificar químicamente el *Smear Layer* describiendo su apariencia topográfica, y en 1984 Brannstom la subdividió en dos capas, la externa (*smear on*), que es amorfa y reposa sobre la superficie dentinaria, y la interna (*smear in* o *smear plug*), formada por partículas más diminutas que se localizan en el interior de los tubulos.¹

Al comienzo de los 80^{ºs} se desarrolló una segunda generación de adhesivos como *Scotchbond*[®], *Dentin bonding agent*[®], *Dentin Adhesit*[®], *Universal Bond*[®] y *Prisma universal bond*[®] que son marcas comerciales de adhesivos a base de ésteres halofosfóricos de Bis-GMA diseñados para formar una unión fosfato calcio. Basados en la química de los grupos fosfato sobre el calcio, los grupos halofosfóricos incluidos en resinas de Bis-GMA sin carga pierden su capacidad adhesiva en corto tiempo por la hidrólisis que se presenta. Su fuerza adhesiva era de 2 a 8 MPa, no soportan la contracción por la polimerización, ocasionando filtración marginal.

En 1989 aparece una tercera generación de adhesivos, su acción es modificar o eliminar la capa de desechos dentinales. Son un sistema de doble componente: iniciador (*primer*) y adhesivo. El *primer* o imprimador penetra la capa de desechos y otros agentes (oxalatos, ácido cítrico, EDTA) acondicionan, su fuerza de unión es de 8 a 15 MPa.²

En 1979 *Fusayama* propone el concepto de acondicionamiento total, acondicionando la dentina con ácido cítrico al 10% y al 3% con clorato de hierro durante 30 segundos, este procedimiento removió el *smear-*



layer dejando expuesta la red de fibras de colágena de la dentina intertubular. Este mecanismo de adhesión constituyó la base para los sistemas adhesivos de cuarta generación, encontrando valores de hasta 25 MPa,² con características de unión a sustratos, tanto a esmalte como a dentina, posee en su composición los siguientes elementos:

Agentes de unión: Fundamentalmente es la misma de la fracción orgánica de la resina compuesta, la presentación inicial es en dos frascos con resina líquida; en uno viene el iniciador de peróxido de benzoilo y en el otro el activador. Se dispersa una gota de cada uno y se aplica con un pincel en una capa delgada sobre el sustrato dentario.

Los estudios de Farley desarrollaron un nuevo grupo de agentes de unión denominados imprimadores (*primer*), poseen un grupo activo incorporado dentro de un vehículo de resina líquida que permite cierto tipo de reacción química con el sustrato dentario para lograr la adhesión, retención y sellado sin depender de la microporosidad. Su aplicación es muy efectiva sobre dentina.

Dentro del grupo de imprimadores de acuerdo con los grupos químicos se han utilizado: Derivados del N-Fenil-glicine y el NPG-G.M.A, propuesto por Bowen y de efecto quelante al calcio.⁴

Los sistemas adhesivos de quinta generación se adhieren bien al esmalte, la dentina, cerámica y los metales, pero lo más característico es que vienen en un solo frasco.³

La fuerza de retención a la dentina esta en el rango de 20 a 25 MPa, adecuada para los procedimientos dentales. Los agentes de unión de la quinta generación son fáciles de usar, además hay poco riesgo de



sensibilidad a la técnica y la sensibilidad postoperatoria dental es reducida con estos adhesivos.

Con el fin de eliminar el paso del grabado de ácido o de incluirlo químicamente dentro de alguno de los otros pasos, surge la sexta generación de adhesivos: estos no requieren de grabado, al menos en la superficie de la dentina. Estos productos tienen un acondicionador de la dentina entre sus componentes; el tratamiento ácido de la dentina se autolimita y los productos del proceso se incorporan permanentemente a la interfase de la restauración y el diente. La adhesión a la dentina es de 18 a 23 MPa.⁴

La séptima generación simplifica los materiales de la sexta generación reduciéndolos a un sistema de un solo componente y un solo frasco. Tanto los adhesivos de la sexta y como los de la séptima generación ofrecen el auto grabado y el auto iniciado.^{2,4}



CAPÍTULO II

CONCEPTOS BÁSICOS

La unión íntima y óptima que debe de existir entre el tejido dentario y la restauración, permite que se forme un solo cuerpo, que no tendrá defectos en la interfase, por consiguiente, no permitirá la percolación o infiltración marginal; no existirá la posibilidad de irritación dentino-pulpar por causa de fluidos o microorganismos que ingresen entre los espacios creados entre la restauración y el tejido dentario y finalmente, no existirá la posibilidad de presentación de caries recurrente¹⁶. Para entender mejor dicha unión entre el diente y la restauración es importante considerar los fenómenos que se llevan a cabo mediante los siguientes términos:

2.1 ADHESIÓN

Del latín: Adhesión, *adhaesionis*, que significa adherencia, unión, unir una superficie a otra. La adhesión se da cuando dos sustancias diferentes, al ponerse en contacto, se unen debido a las fuerzas de atracción interfaciales. Las cuales pueden ser de valencia primaria (químicas) acompañadas con frecuencia de enlaces secundarios y fuerzas mecánicas.³

Adhesión.- unión íntima entre dos superficies diferentes por fuerzas interfaciales.

Cuando dos sustancias se ponen en contacto, las moléculas de una se adhieren o son atraídas por las moléculas de la otra. Esta fuerza se denomina adhesión cuando se atraen diferentes moléculas.⁹

En un sentido amplio, la adhesión es, simplemente, un proceso de unión superficial. El termino adhesión se caracteriza normalmente por la



especificación del tipo de atracción intermolecular que puede existir entre el adhesivo y el adherente.⁸

La adhesión en odontología restauradora significa unir a un sustrato sólido (estructuras dentales). El biomaterial a aplicar, manifestándose la adhesión como tal en la interfaz diente- restauración, es decir entre sus superficies o caras en contacto, en las cuales se deben producir fuerzas que las mantengan fijadas en forma permanente.⁹

Adhesivo: Sustancia capaz de mantener unidos dos materiales por atracción superficial.²

La unión puede producirse cuando un líquido fluye por los poros de la superficie, debido a la retención mecánica que se da cuando el material fluido fragua, el resultado es una unión fuerte, a lo cual se denomina adhesión.³

La adhesión física es la que se logra exclusivamente por traba mecánica entre las partes que se van a unir. Se clasifican en:

Adhesión Macro mecánica

Una de las formas habituales de lograr la adhesión de dos superficies, es haciendo un buen diseño cavitario con el objeto de que se logre una forma de retención o anclaje, dependiendo de si la restauración es plástica o rígida, respectivamente. Es importante crear sobre una o ambas superficies para adherirse una forma macro retentiva (hoyos o ranuras) que pueden ser excavadas o en relieve, ponerlas en íntimo contacto y luego utilizar un medio adhesivo que humecte ambas superficies y se endurezca con rapidez.^{6,13.}



Este sistema macro mecánico es poco confiable y no evita la micro filtración que puede ocurrir en la boca, al existir un espacio o brecha de tamaño mínimo entre las superficies adheridas.

Adhesión Micro mecánica

La unión mecánica supone mecanismos más sutiles como la penetración del adhesivo en irregularidades microscópicas o sub microscópicas (ej. grietas y poros), la retención surge del enlace mecánico de adhesión en superficies irregulares. Para una penetración adecuada en las irregularidades por el adhesivo es necesaria una buena humectación del sustrato. El mejor ejemplo de adhesión micro mecánica lo da el grabado ácido del esmalte y la unión de un composite a su superficie mediante un agente de enlace de alta humectación. Otra forma de crear micro irregularidades en una superficie es por el procedimiento de micro abrasión, comúnmente denominado arenado que consiste en proyectar un fuerte chorro de aire y abrasivo sobre la superficie que se intenta adherir. La micro abrasión altera la superficie del objeto por adherir y produce los siguientes efectos favorables para la adhesión: limpieza profunda, aumento de la superficie total, aumento de la energía superficial, disminución del ángulo de contacto y formación de un relieve micro retentivo. Otra forma de adhesión micro mecánica se logra mediante el grabado electrolítico o el grabado químico de los metales. Por ejemplo para las restauraciones metálicas adheridas.^{6,13}

Adhesión Química

La adhesión química se obtiene mediante el intercambio de electrones o de átomos, o por fuerzas de Van der Waal. Éste mecanismo es aprovechado por algunos cementos resinosos para incrementar la adhesión, que se logra a través de las micro irregularidades, buena humectación y ángulo de contacto reducido. La adhesión química se



obtiene por ejemplo en la unión de diferentes capas de un composite o de un compómero, colocados por técnica incremental.

Ésta adhesión es difícil de obtener y es bastante lábil en el medio húmedo bucal, por lo que no se debe confiar por entero en ella para lograr resultados clínicos duraderos.^{6,9}

2.2 COHESIÓN

Cohesión (V. lat. *cohaerere* “péguese o permanezca junto”) o atracción cohesiva o fuerza cohesiva es la característica física de una sustancia, causado por atracción intermolecular entre moléculas dentro de un cuerpo o de una sustancia que actúa para unirlos.⁹

Si las moléculas que se atraen son de la misma naturaleza, las fuerzas de atracción se llaman cohesión; por ejemplo si dos gotas de mercurio o agua se acercan hasta tocarse, forman una de mayor tamaño, en ambos casos el fenómeno observado es la cohesión, para que se dé la cohesión debe existir una atracción inter-atómica la cual se define como la mutua atracción existente entre dos diversos átomos que mantiene la cohesión entre moléculas y por ende la cohesión de la materia.⁹

Los enlaces de la naturaleza química o electrostática son de gran fuerza y se derivan de la fuerza de valencia, Se reconocen tres tipos de enlaces inter-atómicos: enlace iónico, enlace covalente, enlace metálico.

Enlace iónico. Es un enlace o atracción electrostática entre átomos de diferente carga eléctrica de diferente polaridad.

Enlace covalente. Se produce por compartición de electrones entre dos átomos. Se produce cuando existe electronegatividad polar, pero la



diferencia de electronegatividades entre los átomos no es suficientemente grande como para que se efectúe transferencia de electrones. Éste enlace es característico de las resinas sintéticas de uso odontológico.⁹

Enlace metálico. Este enlace es de particular importancia para el odontólogo, teniendo en cuenta la necesidad de usar diferentes tipos de aleaciones para la elaboración de coronas, incrustaciones, prótesis fija y removible.

Existen tres tipos de adherencia entre el diente y la restauración: adherencia física, química y mecánica. En la adherencia física intervienen uniones moleculares (fuerzas de Van der Waal), se basa en el fenómeno de impregnación del sustrato por el material valorado para un ángulo de contacto o formado por la superficie del líquido – sólido.^{2,3}

La adherencia mecánica se produce por la penetración del material en las irregularidades de la superficie. Ésta se basa en el principio de la técnica del grabado ácido, la fuerza de adhesión es de 15 a 20 MPa.

La adherencia química es la ideal, es de tipo primario y se puede realizar en forma de enlaces iónicos o covalentes.³

2.3 TENSIÓN SUPERFICIAL

Es la fuerza de atracción que los átomos y moléculas ejercen hacia el centro del material en los líquidos; ejemplo de ello son las gotas de agua sobre las hojas de las plantas y las gotas de mercurio.¹

Para que exista adhesión las superficies son atraídas entre sí hacia la superficie; la energía en la superficie de un sólido es mayor que en su interior. Cuando más fuerte es la energía de unión de una sustancia



(líquido), mayor es su energía superficial, si los átomos están separados (mayor energía) se atraen menos.

Si se trata de un sólido (metal) los átomos están tan juntos que la fuerza de atracción entre ellos es muy intensa lo que permite a ese cuerpo mantener su fuerza.¹⁰

2.4 ENERGIA SUPERFICIAL

Es la fuerza de atracción de los átomos y moléculas en la superficie de los sólidos. En odontología, se debe considerar la energía superficial de las estructuras dentales y la tensión superficial del adhesivo para humectar esas superficies.

Los términos tensión superficial y energía superficial son sinónimos sin embargo el primero se aplica a líquidos y el segundo a sólidos.

En odontología para facilitar la adhesión se necesita alta energía superficial de la estructura que se va a unir y baja tensión superficial del líquido o adhesivo.¹⁰

2.5 CAPILARIDAD

La capilaridad es una propiedad física del agua por la que ella puede avanzar a través de un canal minúsculo (desde unos milímetros hasta micras de tamaño) siempre y cuando el agua se encuentre en contacto con ambas paredes de este canal y estas paredes se encuentren lo suficientemente juntas.

En odontología se requiere sustancia que penetren en espacios muy estrechos para que se de la adhesión en esmalte y dentina del diente



con otros sustratos, como las resinas, la cerámica y los metales, para tal efecto se usa entre ellos adhesivos con solventes muy fluidos y con baja energía superficial como alcohol, acetona o agua.

Además la microfiltración que se da entre el diente y el material de restauración se debe al fenómeno de capilaridad.¹⁰

2.6 TIXOTROPISMO

Es la propiedad de algunas sustancias para perder viscosidad ante la aplicación de cargas o al ser agitadas. En algunas sustancias sobre todo de cadena larga, las fuerzas intermoleculares predominantes son de Van der Waal.

Cuando la sustancia está en reposo, estas fuerzas están bien establecidas pero dada la naturaleza, se rompen fácilmente. Cuando la sustancia se agita, entonces la sustancia adquiere características de suspensión y las moléculas se deslizan una sobre otra (fluyen).

Cuando ese estado de agitación cesa, las partículas pueden establecer nuevamente sus fuerzas de unión y las sustancias adquieren de nuevo su viscosidad característica y, si es el caso, con el tiempo solidifica. En odontología se usan materiales con estas características; por ejemplo materiales de impresión como hules de polisulfuro, siliconas y poliéteres (en los cuales se aprovecha el fenómeno de tixotropismo para impresionar los espacios más pequeños a los que llega con facilidad, gracias a la fluidez que adquieren al presionarlos contra los tejidos cuando están en estado plástico.¹⁰

2.7 MOJAMIENTO

Cuando se ponen dos superficies sólidas y planas en contacto, no se logra una adhesión completa, aunque a simple vista parezcan muy lisas,



en el microscopio se observan rugosas y solo entran en contacto las partes altas (que constituye un pequeño porcentaje del área total) el problema se resuelve colocando entre las dos superficies un líquido que fluya hacia todas las irregularidades y ponga así la mayor parte del área superficial. El líquido en contacto se llama adhesivo y la superficie sólida se llama adherente.¹

La efectividad de la adhesión depende de la capacidad del líquido para distribuirse en toda la superficie del sólido. A ésta capacidad se le denomina mojamiento y se ve influida por:

- Limpieza de la superficie
- Energía superficial del sólido
- Tensión superficial del sólido

La superficie que será “mojada” por el líquido, deberá estar libre de elementos que dificulten la distribución homogénea de éste, como contaminantes de superficie sólida; serían por ejemplo, óxidos, polvos y grasa y en los procesos odontológicos sarro dentario, saliva, sangre.

Los sólidos con alta energía superficial, atraen con fuerza al líquido que los moja y de esta manera la adhesión que se logra es efectiva.

Por el contrario, cuando en la superficie del sólido hay poca energía, el líquido colocado sobre ella no se esparce. Ejemplo de estas son las ceras y las resinas dentales. Cuando un líquido es elegido para procurar adhesión debe tener baja tensión superficial para que se extienda en la zona que es colocado.⁹

El ángulo formado por la superficie “mojada” y la superficie marginal del líquido indica la capacidad de “mojamiento” en ese líquido en particular. Mal mojamiento mayor ángulo de contacto, buen mojamiento, menor ángulo de contacto.



2.8 ADSORCIÓN, ABSORCIÓN Y SORCIÓN.

Para comprender muchos de los principios de adhesión y cohesión es importante tener presente el significado de los términos adsorción, absorción y sorción.

Adsorción. Se refiere a un proceso de acción superficial, por el cual una sustancia penetra en las primeras capas con espesor monomolecular, por medio de adosamiento, y se da en las superficies sólidas o líquidas.

Absorción. Se refiere al proceso por el cual la sustancia se difunde o penetra en el material sólido.

Cuando están presentes los fenómenos de absorción y adsorción pero no se sabe cuál de ellos predomina, se usa entonces el término sorción.^{1,9}



CAPÍTULO III

ADHESIÓN A ESMALTE Y DENTINA

3.1 IMPORTANCIA DEL SUSTRATO ADHERENTE

La dentina es básicamente un sustrato dinámico y esto es principalmente lo que hace que la adhesión a dentina se vuelva una técnica muy sensible, muy difícil de obtener e impredecible.

El fenómeno de adhesión es un proceso de remoción de minerales (calcio, fosfatos) e infiltración de monómeros resinosos con la finalidad de crear una traba mecánica entre el adhesivo y la estructura dental, sellar los túbulos dentinaríos y así mantener una homeostasis del complejo dentino - pulpar.

La distinción entre los sustratos adherentes es importante ya que uno de los factores requeridos para que se logre una adhesión entre dos superficies, es que ambos posean una composición homogénea, desde el punto de vista morfológico el esmalte y dentina son diferentes por lo tanto el mecanismo de adhesión de un sustrato y el otro es diferente.¹²

3.2 ADHESIÓN A ESMALTE

El esmalte dental es un tejido avascular y acelular que puede reaccionar ante un estímulo nocivo, ataque físico químico o biológico con pérdida de sustancia estructural cuya magnitud está relacionada directamente con la intensidad del agente causal, ésta propiedad determina que el esmalte no se puede regenerarse, aunque si se puede remineralizarse. Está constituido principalmente por 96 - 97% de hidroxiapatita



$(Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2)$ por lo que se dice que es una estructura homogénea.^{3,9}

Es el más duro de los tejidos minerales del cuerpo humano y cubre la corona del diente, siendo más grueso sobre las cúspides y más fino en la base de las fosetas y fisuras.

El componente inorgánico del esmalte es principalmente la apatita en su forma de hidróxido, flúor o carbono siendo los dos mayores componentes inorgánicos el calcio y el fósforo. Posee una estructura cristalina, donde los cristales poseen dimensiones ultra- microscópicas razón por la cual se le denominan cristales.

Estos cristales de apatita están envueltos en una matriz orgánica que representa menos del 1% de la composición del esmalte maduro.

El agua también está presente en el esmalte; se encuentra principalmente asociada a la matriz orgánica y envuelta en los cristales de apatita, estando en un 4 %.

En términos de propiedades físicas, la composición del esmalte le confiere propiedades físicas únicas, su dureza es muy alta variando de 200 a 500 Knoop situándolo en el grado 6 en la escala de Mohs.

Posee un alto grado de elasticidad (alta rigidez) y baja resistencia a la tracción, característica indicativa muy fiable, que se puede fracturar fácilmente debido a la alta resistencia a la compresión de la dentina.

Su porosidad es selectiva, permitiendo el pasaje de iones y agua, pero excluyendo el pasaje de grandes moléculas, la saliva por ejemplo, contiene proteínas que absorberá el esmalte acondicionado lo cual va a disminuir la fuerza de unión con la resina. El alto contenido inorgánico del esmalte le confiere una cantidad de translucidez, posibilitando una

gran transmisión de color por la dentina, esencialmente en las regiones cervicales donde el esmalte es fino, siendo las regiones de mayor grosor más opacas, con una tendencia al azulado y al gris. En lo que se refiere a su micro morfología el componente básico microscópico del esmalte es el prisma que, de acuerdo con Gwinnett varía en tamaño de 4 a 7 micrómetros y se origina cerca de la unión amelodentinaria siguiendo un curso en los 2/3 más internos de su estructura antes de alinearse paralelamente en su tercio más externo.^{9,10,12.}

Los prismas alcanzan su superficie de la estructura dental casi perpendicularmente a su tangente; es importante mencionar que no todos los prismas alcanzan la superficie, tanto en dentición temporal como en permanente donde una zona homogénea puede estar libre de prismas, las regiones más comunes en donde no encontramos prismas son las coronas de dientes temporales y en las fosetas y fisuras y regiones cervicales de la dentición permanente.



Figura 3. Composición del esmalte.

El esmalte grabado con ácido fosfórico proporciona una desmineralización selectiva dejando una superficie con una energía superficial alta que



permite el mojado eficiente de la resina hidrofóbica, la cual penetra para formar *tags* y proveer unión por traba mecánica.

Para mejorar la capacidad de los monómeros de humedecer la superficie y penetrar en las micro porosidades debido a su mayor viscosidad comparada con la del esmalte, los sistemas adhesivos han incorporado resinas con y sin relleno que actúan como agentes intermediarios entre el esmalte y el composite.^{9,11,12.}

La unión resina esmalte es principalmente el resultado del entrecruzamiento acumulativo de las aplicaciones de resina macro *tags* y micro *tags* que se infiltran en las micro porosidades de la superficie de esmalte grabada al ser polimerizados dan como resultado la unión por traba micro mecánica. La unión que se forma entre el adhesivo polimérico de baja viscosidad y una superficie de esmalte son fundamentalmente de tipo mecánico y dependen de la penetración de la resina en las irregularidades de la superficie del esmalte.

El grabado ácido del esmalte es un procedimiento clínico extensamente aceptado y ha incrementado la vida de las restauraciones con resinas compuestas reduciendo la posibilidad de pigmentaciones, caries secundaria y sensibilidad postoperatoria debido al sellado de los márgenes del esmalte, refuerzo de las cúspides después de la preparación de un diente.⁹

3.3 ADHESIÓN A DENTINA

La dentina es un tejido conectivo parcialmente mineralizado (70 - 75%), con elevado contenido de material orgánico (principalmente colágeno tipo I, IV y V) y agua (*ver fig. 4*). Está constituida por túbulos que se extienden desde la pulpa dental hasta la unión amelodentinaria, que contiene el proceso odontoblástico, formando así un sustrato microporoso.



La matriz de la dentina propiamente dicha está compuesta por fibras de colágena, hidroxiapatita, glicosaminoglicanos y proteínas entre otros.

Anatómicamente, este sustrato se divide en dentina superficial, que como su nombre lo indica es la dentina más cercana al límite amelodentinario, está constituida por una menor cantidad de agua y mayor proporción de colágeno, a diferencia de la dentina profunda que posee mayor contenido acuoso, mayor número de túbulos y menos porcentaje de colágeno, por lo tanto se considera que la disposición y organización de la dentina varía de acuerdo a la región del diente y su proximidad al tejido pulpar. En la cercanía a la unión amelodentinaria existen aproximadamente 15 000 túbulos / mm^2 con 0.9 micrómetros de diámetro, mientras que en la cercanía de la pulpa existen alrededor de 60 000 túbulos / mm^2 con un diámetro de 3.0 micrómetros.²²

El porcentaje que ocupa la dentina intertubular en la zona amelodentinaria es del 96% y del 12% en cercanía de la pulpa dental, por otra parte el área ocupada por los túbulos dentinarios abiertos en la zona o límite esmalte-dentina es del 1-3 %, mientras que cerca de la pulpa es de 22- 25%.

Teniendo en cuenta la morfología de la dentina, se dice que los fenómenos de la adhesión se generaran de manera idónea en la dentina superficial y media , porque en la dentina profunda el porcentaje agua- fibras colágenas (tipo I,IV y V) es contraproducente para lograr una adhesión efectiva, porque la unión micro mecánica se produce con la red colágena, previa desmineralización.²²



Figura 4. Composición de la dentina.

Kanka³ observó en relación con la adhesión y la dentina; si un adhesivo apropiado y químicamente compatible fuera adicionada después de un acondicionamiento ácido total de los tejidos dentales mineralizados podría haber mejorías en la fuerza de unión.

Con el uso y la combinación de los *primers* para dentina fuertemente hidrofílica y un agente de unión ambifílico, se elegiría *primers* fuertemente hidrofílicos, ya que la dentina tiene cantidades significativas de agua, y es posible que la dentina permanezca húmeda, a pesar que los tejidos sean secados con aire. Aunque se ha demostrado que la presencia de humedad en la dentina en realidad aumenta la fuerza de unión. En algunas ocasiones el secado es ventajoso en algunos sistemas y en otros ésta contraindicado.⁹

La adhesión a dentina con los sistemas adhesivos convencionales ocurre por mecanismos diferentes al esmalte. Cuando se aplica ácido orto fosfórico al 35% durante 15 segundos sobre la dentina, este es capaz de eliminar el barrillo dentinario que se produce durante la preparación cavitaria y desmineralización entre 4 -11 micras (en



profundidad) de la superficie dentinal expuesta, es decir, el agente acondicionador actúa eliminando parcialmente la hidroxiapatita que recubre las fibrillas de colágeno dejándolas libres (disminuye el módulo de elasticidad, aumenta la flexibilidad y movilidad) estableciéndose lo que se denomina red de colágeno, una vez que se lava la superficie dental y se ha eliminado el ácido y el exceso de humedad, se aplica el adhesivo. El adhesivo se infiltrará en la red de colágeno y una vez polimerizados creará un sistema de interdigitación (traba mecánica) entre ambos sustratos adherentes, este fenómeno entre el adhesivo; proteínas colágenas - no colágenas y el componente inorgánico de la dentina es lo que Nakabayashi⁹ describió como capa híbrida.

La unión a dentina sigue siendo un reto, ya que contiene una importante proporción de agua y material orgánico, principalmente colágeno tipo I además contiene una densa red de túbulos que conectan la pulpa con la unión amelodentinaria. La dentina es un tejido hidratado intrínsecamente, penetrada por un laberinto de túbulos dentinarios de 1 a 2,5 μm . de diámetro llenos de fluido. El movimiento del fluido desde la pulpa a la línea amelodentinaria es el resultado de una presión pulpar ligera pero constante. La presión pulpar tiene una magnitud de 25 a 30 mmHg o de 34 a 40 cmH_2O . Los túbulos dentinarios rodean las extensiones celulares de los odontoblastos y están en comunicación directa con la pulpa. Dentro de la luz del túbulo, existen otras estructuras orgánicas fibrosas, como la lamina limitante, que disminuye sustancialmente el radio funcional del túbulo.

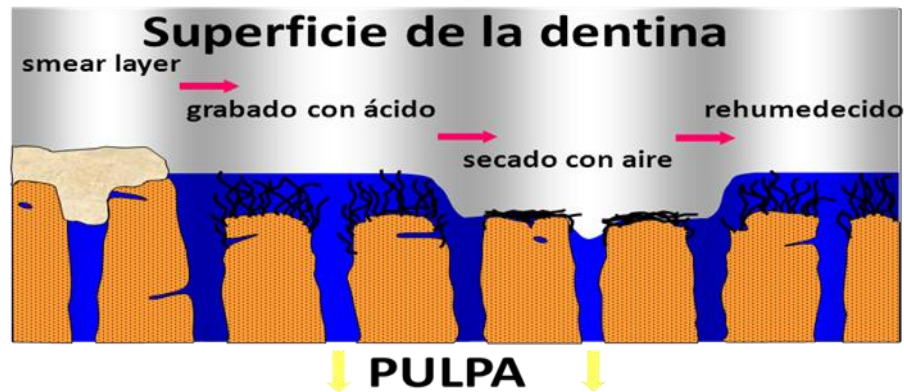


Figura 5. Proceso de acondicionamiento de la dentina.

La adhesión puede estar afectada por el espesor de la dentina restante después de la preparación del diente. Las fuerzas de unión son generalmente, menores en la dentina profunda que en la dentina superficial. Sin embargo, algunos adhesivos dentinarios, contienen el monómero 4- META, que no parecen estar afectados por la profundidad de la dentina.

Siempre que se prepare una cavidad en un diente con una fresa u otro instrumento, los componentes orgánicos e inorgánicos forman una capa de barrillo dentinario disminuyendo la permeabilidad de la dentina un 86%, adquiriendo una consistencia gelatinizada debido a la fricción y al calor creado por el procedimiento operatorio. La porosidad submicronica de la capa de barrillo dentinario permite la difusión del fluido dentinario. La retirada del barrillo dentinario y de los tapones del barrillo con soluciones ácidas dan lugar a un aumento del flujo de fluido sobre la superficie de la dentina expuesta. Este fluido puede interferir en la adhesión porque las resinas hidrofóbicas no se adhieren a sustratos hidrofílicos aunque se formen digitaciones de resina en los túbulos dentinarios. Hay otros factores que afectan la permeabilidad de la dentina como el empleo de vasoconstrictores (anestésicos locales), que disminuyen la presión pulpar y el flujo de fluido en los túbulos, factores

como el radio y la longitud de los túbulos, la viscosidad del fluido dentinario, el gradiente de presión, el tamaño molecular de las sustancias disueltas en el fluido tubular y la tasa de retirada de las sustancias por los vasos sanguíneos en la pulpa afectan a la permeabilidad. Todas estas variables hacen que la dentina sea un sustrato dinámico y consecuentemente difícil de unir.¹²

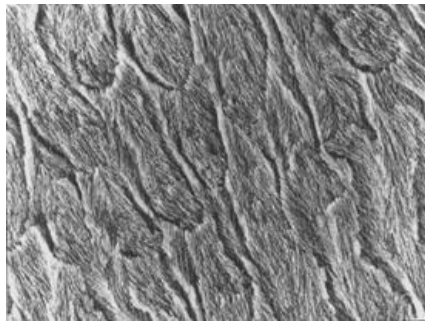


Figura 6. Túbulos dentinarios cubiertos de barrillo dentinario.

Formación de barrillo dentinario.

Cuando se realiza el fresado del diente para su rehabilitación, se forma sobre la superficie una capa de desecho de corte denominada *smear layer* o barro dentinario. Este hecho fue descrito por Boyde en 1963 y resulta de la obstrucción de los túbulos de la dentina. Los materiales forzados para el interior de los túbulos constituyen los *smear plugs*.¹²

El *barrillo dentinario* aísla el sustrato de la dentina subyacente, dificultando la interacción de los agentes adhesivos directamente con la dentina. Su espesor varía de 0.5 a 5 μm , según el tipo de instrumento de corte empleado, utilización de refrigeración, velocidad de corte y región de la dentina preparada. El *barrillo dentinario* es poroso y tiene micro canales entre las partículas, que pueden permitir tanto la salida

del fluido de la dentina como la entrada de toxinas microbianas las cuales pueden afectar a la pulpa de manera irreversible.^{3,12,13}

Brannstrom observó que la presencia de bacterias en la *smear layer* podrían inducir el fracaso de las restauraciones, además la capa puede ser fácilmente hidrolizada por los fluidos pulpaes o por los originados de la micro filtración. Se dice que la unión a la dentina es más compleja debido al hecho de que la dentina es más heterogénea que el esmalte, tiene menos estructura calcificada y un contenido de agua mucho mayor, la simple apertura de los túbulos mediante el grabado ácido y la disolución de la capa de *barrillo dentinario* seguida de la aplicación de una resina adhesiva convencional, no da lugar a fuerzas de unión sustanciales.

La aplicación de una solución de ácido poliacrílico en concentraciones del 20% durante 10 segundos, logra una efectiva limpieza dentinal en la zona intertubular; dicho ácido no tiene efecto irritante sobre la dentina y promueve la unión química gracias a los grupos carboxilo por quelacion.¹³

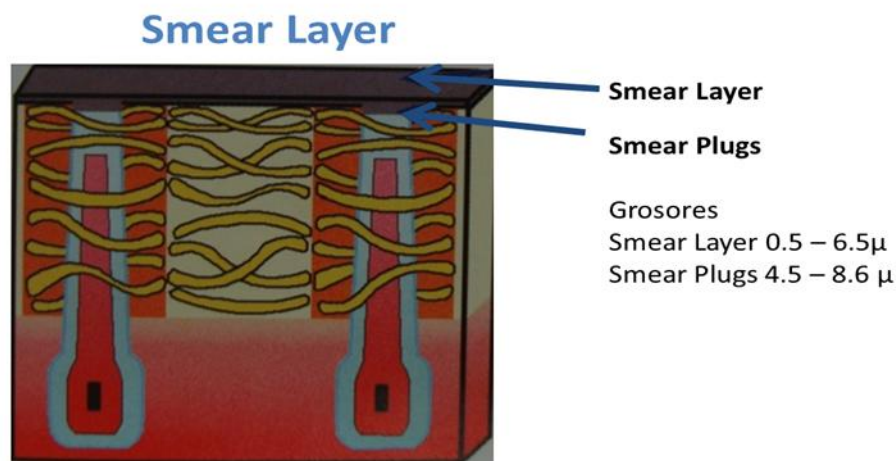


Figura 7. Grososres del smear layer



CAPITULO IV

SISTEMAS ADHESIVOS SEGÚN SU EVOLUCIÓN

La búsqueda de un adhesivo dental ideal es probablemente tan vieja como la propia odontología. Durante los 50 últimos años se han producido avances significativos y constantes en la odontología adhesiva.¹²

Clasificación de los adhesivos

La siguiente clasificación de los adhesivos fue propuesta por Van Meerbeek y Others en el 2000:

- 1.- Sistemas adhesivos convencionales.
- 2.- Sistemas adhesivos autograbadores.

Sistemas adhesivos convencionales

Éste sistema, emplea la técnica de grabado total como mecanismo acondicionador de la estructura dental.

Con respecto al mecanismo de adhesión de estos sistemas, se aplica de la siguiente manera: se aplica el acondicionador (ácido fosfórico al 37%), en la superficie del esmalte, después de 15 segundos se aplica en dentina llenando la cavidad durante 10 segundos, se lava y se verifica que no tenga exceso de humedad; se aplica el adhesivo, se insufla aire, por su baja tensión superficial, pequeño ángulo de contacto, capacidad



humectante y capilaridad, penetra en las grietas micrométricas creadas por el ácido, formando así los macro-micro *tags* de resina.

En este grupo se encuentran los sistemas de multicomponentes y mono componentes, clasificados de acuerdo a la presentación física del sistema, es decir, a la cantidad de botes que constituye el sistema adhesivo.¹⁰

Se denominan sistemas multicomponentes, aquellas presentaciones comerciales de adhesivos convencionales que están constituidos por más de un bote (*Optibond[®] total-Etch*) – *Leer*, *Permagen[®]- ultradent*, *Permaquik[®]- ultradent*, *Scochtbond[®] Multi – Purpose[®]* – *3M*, *Super Bond – Sun Medical[®]*.

Los fabricantes presentan el *primer* en un bote separado del adhesivo, con la finalidad de que el *primer* asegure la eficiente mojabilidad de las fibras de colágena que han sido expuestas previamente por el agente acondicionador, transformando el estadio hidrofílico de los tejidos en hidrofóbico facilitando la entrada del adhesivo entre los canales interfibrilares, una vez que se ha agotado el tiempo de imprimación se aplica el adhesivo que deberá rellenar todas las irregularidades creadas por el agente acondicionador y sellar todos los túbulos dentinarios que fueron abiertos previamente por la sustancia desmineralizadora.¹⁰

La polimerización inicial estabiliza la capa híbrida conformada, al igual que la copolimerización que se logra entre la resina compuesta y el adhesivo.

Ventajas de los sistemas adhesivos multicomponentes:

- Técnica menos sensible: permite la aplicación por separado del agente acondicionador, *primer* y el adhesivo.
- Proveen adhesión efectiva a esmalte y dentina.



- Permite la incorporación de nanopartículas que mejoran las propiedades físicas del sistema adhesivo, además, estas micropartículas actúan como un componente de absorción de estrés residual reforzando la red de colágena.

Con respecto a las desventajas:

- Posibilidad de contaminar la estructura dental, porque se deben llevar a cabo varias fases clínicas (grabado ácido, lavado-enjuague, imprimación, aplicación del adhesivo y fotopolimerización).
- Mayor riesgo de desecar el tejido dental o que exista exceso de humedad en el substrato adherente.^{10,11}

Los sistemas adhesivos monocomponentes o monobotes, son aquellos donde el *primer* y el adhesivo se han incorporado a través de diferentes procesos químicos y físicos en un solo envase con la finalidad de disminuir el número de pasos clínicos y el tiempo de trabajo. (*ejemplo Excite – Vivadent®*, *One Coat Bond® – coltene*, *One Step® – Bisco*, *Prime Bond NT®*, *Syntac Sprint® – Vivadent®*).

Ventaja de los sistemas monocomponentes

- Reducción del tiempo de trabajo, en comparación con los sistemas multicomponentes, porque se elimina un paso clínico (aplicación del *primer*)
- Ayuda a disminuir las infecciones cruzadas, porque permite realizar una aplicación más higiénica.
- Permite la incorporación de nanopartículas, que actúan mejorando las propiedades físicas del adhesivo, además refuerzan la red de



colágena y favorecen la disminución de fracturas adhesivas y cohesivas de la capa híbrida.^{9,12}

A pesar que los sistemas monocomponentes son adhesivos de alta tecnología, presentan algunas desventajas, entre las más importantes:

- El uso de estos sistemas adhesivos, no necesariamente implica la reducción del tiempo clínico, ya que algunas presentaciones comerciales ameritan de la aplicación de varias capas. (*Prime Bond NT[®] – Dentsply*).
- Existe mayor riesgo de crear una capa de adhesivo muy fina, que no posea la capacidad de absorción de estrés residual o que ocurra una polimerización incompleta debido a la inhibición por oxígeno.

Sistemas adhesivos autograbadores

Los sistemas adhesivos autograbadores se basan en el uso de monómeros ácidos que acondicionan, imprimen y se adhieren al tejido dental.

Estos sistemas se comercializaron a principio de los noventa, al inicio se emplearon solo como un sistema acondicionador de la dentina porque su capacidad de adhesión al esmalte era pobre. En la actualidad se cuenta con formulaciones químicas que son capaces de actuar de manera efectiva tanto en el esmalte como en la dentina. (*XENO[®] III – Dentsply*).

La primera generación de sistemas autograbadores que se introdujeron en el mercado odontológico se utilizaba siguiendo dos pasos clínicos.

El primero consistía en la aplicación de una sustancia acondicionadora sobre el tejido dental (Ácido cítrico, málico, nítrico),



no lavable que después de actuar durante 15 – 30 segundos se inactiva y el segundo paso clínico consistía en la aplicación propiamente dicha del adhesivo. (ej. *Clearfil SE –Kuraray*[®], *Syntac – Vivadent*[®], *Optibond – Keer*[®], *F2000 – 3M*[®], *Scotchbond 2 – 3M*^{®9,10,12}).

La segunda generación de adhesivos autograbadores son los denominados todos en uno, es decir, el agente acondicionador, el *primer*, y el adhesivo se encuentran mezclados químico y físicamente en un solo bote o envase, por lo tanto desde el punto de vista clínico, amerita solo un paso, que consiste en la aplicación directa de una o múltiples capas del adhesivos sobre el tejido dental a tratar. (ej. *Ecth*[®] y *prime 3.0*[®] – *Degussa*, *one up bond*[®] – *tokuyaka*, *prompt L pop*[®] 1,2 – *3M / ESPE*[®], *XENO*[®] III – *Dentsply*); estos sistemas adhesivos también han sido clasificados de acuerdo a la acidez de los compuestos que los constituye, en moderados y fuertes (moderados Ph +/- 2. fuerte: menor o igual a 1) cabe destacar que esta diferencia en el Ph influye directamente en la capacidad de desmineralización del sistema adhesivo, es decir a menor Ph mayor será la capacidad de desmineralización del adhesivo.¹²

El mecanismo del adhesivo de los sistemas autograbadores, se basa en el fenómeno de hibridación dentinal al igual que los sistemas adhesivos convencionales, además de la modificación, transformación e inclusión del *barrillo dentinario* en la capa hibrida, con la diferencia que los *tags* de resina que se logran obtener con el uso de los sistemas autograbadores son más cortos y de menor diámetro que los obtenidos con los sistemas convencionales y que las fibras de colágeno no son totalmente desprovistas de la hidroxiapatita que las cubre.

Los monómeros funcionales (grupos carboxílicos o fosfatos) de los sistemas auto grabadores moderados (Ph : +/-2 : adhesivos 4 – Meta,



Clearfil Liner Bond[®]- Kuraray, F2000 – 3M[®] Imperva Bond- Shofu[®], One Up Bond F[®] – Tokuyama) son capaces de interactuar molecularmente con la hidroxiapatita y establecer un enlace interatómico perdurable.

De acuerdo con Van Meerbeek y Other (2000) éste mecanismo de adhesión menos agresivo que aquellos que utilizan la técnica de grabado ácido convencional, ya que permite un sellado eficaz de los túbulos dentinales y márgenes cavitarios durante más tiempo (*in Vitro*) porque gracias a la interacción química entre la hidroxiapatita y el monómero mejora significativamente la resistencia al proceso de degradación hidrolítica del adhesivo y asegura una posición estable del mismo.⁹

Es importante tomar en cuenta el grosor de la capa del adhesivo que se logra obtener después de aplicar un sistema autograbador moderado, que es menor a la que se obtiene cuando se emplea un sistema adhesivo convencional.

Según Blunck en el 2002 el grosor de la capa adhesiva es un factor secundario en los sistemas autograbadores, porque su mecanismo de adhesión principal se basa en la disolución, transformación e incorporación del *barrillo dentinario* como parte funcional de la zona de hibridación dentinal y en la interacción molecular entre la hidroxiapatita remanente y el monómero adhesivo. con la finalidad de aumentar el grosor de la capa híbrida se ha propuesto la adición de nanopartículas a esta clase de adhesivos, aunque no exista muchos estudios al respecto.

Los sistemas adhesivos con un Ph menor o igual a 1 (ej. Prompt L pop[®] – 3M[®]/ESPE, Non Rinse Conditioner & Prime Bond NT – Denstply[®]), actúan de manera similar a los sistemas convencionales, es decir, cuando se aplica este tipo de sistemas adhesivos, este



elimina casi totalmente la hidroxiapatita que recubre la fibrilla colágena, por lo tanto, se sugiere que no exista una reacción química entre la hidroxiapatita remanente y el monómero resinoso, en este caso el fenómeno de adhesión ocurre porque el monómero ocupa el espacio creado por el agente acondicionador (microporosidades) y a través del sistema de *resin tags* (retención entre el adhesivo y el sustrato adherente) se establece una traba mecánica.^{9,12.}

Ventajas de estos sistemas

- Desmineralizar e infiltrar la resina simultáneamente.
- Posibilidad de monodosis: permite el control de la evaporación del solvente y así mantener la composición estable del adhesivo.
- Menor importancia a la humedad dental.
- Disminuye el riesgo de infecciones cruzadas.

Con respecto a las desventajas algunos investigadores citan:

- La fuerza de adhesión que se logra en el esmalte es suficiente, pero es inferior a la que se obtiene con los sistemas adhesivos convencionales (técnica de grabado total), aunque este es un tema controversial en la actualidad.

Con respecto a los sistemas autograbadores, se dice que su efectividad adhesiva es igual o inferior a los sistemas adhesivos convencionales, aunque no existan estudios a largo plazo que garantice un adhesión duradera, principalmente sobre el esmalte, por otra parte, se sugiere que con los sistemas autograbadores de última generación (ej. XENO[®]III - Dentsply, One Up Bond F[®]-Tokuyama) se obtiene fuerzas de adhesión superiores en comparación con los sistemas anteriores, aunque no existan estudios concluyentes al respecto. Pashley & Other (1998), con la finalidad de mejorar la adhesión de estos sistemas al esmalte, surgió la aplicación del



adhesivo autograbadador (todo en uno), primero sobre esmalte, seguido de la dentina.

Vehículos de los adhesivos dentinales

Cuando se realiza el tallado en una cavidad, tanto esmalte y dentina están comprometidos, por lo tanto se recomienda mantener el balance híbrido (seco y húmedo), con la finalidad de lograr una fuerza adhesiva efectiva, evitando el colapso de la red de colágena. Tomando en cuenta la humedad de la superficie del sustrato dental, existen dos métodos comprobados a través de los cuales se logra la hibridación del tejido dental: técnica de adhesión húmeda y técnica de adhesión seca, ambos métodos dependen del tipo de vehículo (agua, etanol, acetona) del sistema de adhesivo.

La mayoría de los sistemas adhesivos contemporáneos poseen como vehículo la acetona o el etanol, con la finalidad de proporcionar el fenómeno de adhesión a través del remplazo hídrico, es decir estos solventes orgánicos actúan como un sistema de doble bomba, por lo tanto, eliminan el agua que aun permanece en la superficie dental, modifican el sustrato dental hidrofílico y promueve la infiltración y difusión de monómeros a través de los nanospacios de la colágena.

Es fundamental mantener la elasticidad y permeabilidad dental con la finalidad de lograr una correcta hibridación del sustrato. La rigidez del tejido dental aumenta significativamente cuando este se deshidrata, ya sea por medios químicos o físicos.^{12,19,20.}

La rigidez del colágeno aumenta si el contenido de agua disminuye; además la pérdida de agua condensa aun más la estructura tridimensional de la malla de colágena debido al aumento de dobles enlaces entre las moléculas adyacentes que previamente se mantenían unidas por moléculas de agua (H₂O), la disminución del



contenido hídrico de la dentina aumenta la densidad de empaquetamiento de la trama de colágeno y como consecuencia, disminuye la flexibilidad molecular.

La deshidratación con aire comprimido después del acondicionamiento ácido del sustrato, también se considera como un elemento capaz de inducir estrés en la malla colágena y causar el empaquetamiento y colapso de la misma.

La técnica de adhesión húmeda solo garantiza la entrada de monómeros adhesivos en la red de colagena, si el remanente de agua es eliminada por el vehículo del sistema adhesivo (acetona / etanol). Según Abate¹⁸ cuando el sistema adhesivo pierde o disminuye la concentración del solvente, éste no es capaz de establecer una capa híbrida eficaz porque no logra eliminar el remanente hídrico del sustrato dentinal y como consecuencia, los monómeros no se difundirán en la totalidad de la colagena, por lo tanto, se forman zonas híbridas, y el sellado biológico de los túbulos dentinales será ineficaz al igual que la polimerización del adhesivo.

Cuando el agua no es totalmente eliminada durante el proceso de imprimación, esta interactúa con el monómero funcional logrando que se desdoblén (químicamente) los componentes hidrofílicos e hidrofóbicos, además el contenido hídrico compite con los componentes hidrofílicos del adhesivo por ocupar los nanoespacios que han sido creados por el proceso de desmineralización, a este fenómeno se le conoce como sobre hidratación dentinal.



Figura 8. Adhesivo adheSE® DC activador de 5ta generación.

Clasificación química de los adhesivos

Los adhesivos dentinarios pueden clasificarse como: 1) Poliuretanos (PU); 2) Fosfonatos orgánicos (FO); 3) Anhídridos melíticos más metacrilato de metilo (4- META); 4) Hidroxietilmetacrilatos más glutaraldehido (HEMA +GA); 5) Oxalato férrico más el producto de la reacción N- fenil o toliil glicina con glicidilmetacrilato (NPG-GMA) más el producto resultante de la reacción de dianhidrido piromelítico y 2-hidroxietilmetacrilato (PMDM); 6) hidroxietilmetacrilato/ Bis – GMA más un ácido maleico grabador (HEMA /Bis- GMA), Y 7) bifenil dimetacrilato (BPDM).

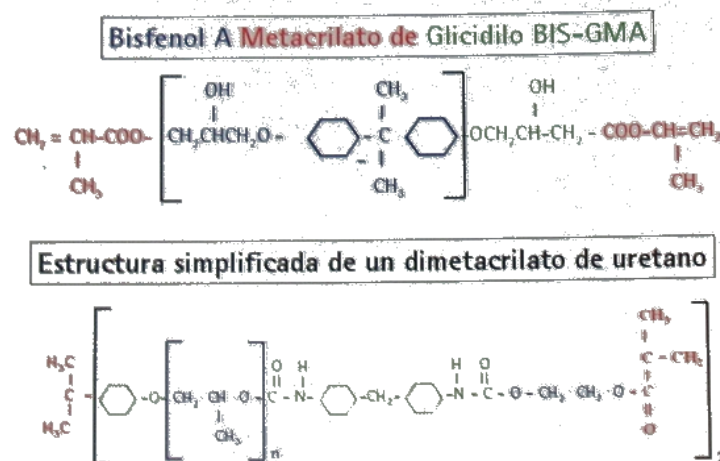


Figura 9. Composición de una resina y un uretano.



El diisocianato reacciona con el polirol y con los grupos - OH o - NH₂ del mineral o los componentes orgánicos de la dentina. Posteriormente puede adherirse el composite al poliuretano.

Los adhesivos de tipo fosfanato pueden ser halogenados o no; son ejemplos típicos.

El extremo fosfato reacciona con el calcio de la hidroxiapatita, y el doble enlace carbono-carbono del extremo opuesto reacciona con el composite.

El adhesivo de anhídrido melítico se disuelve en metacrilato de metilo, siendo un ejemplo típico de ello el 4 -META:

El anhídrido se hidroliza formando un diácido con grupo - OH sobre la superficie de la dentina y funciona como un ácido acrílico y que el doble enlace carbono-carbono reaccione con el composite.

El adhesivo de hidroxietilmetacrilato (35%) más glutaraldehído (5%) consta de:

El glutaraldehído con un grupo amino de la parte orgánica de la dentina y también con el HEMA, que a su vez reacciona con un grupo amino de la parte orgánica de la dentina y también con el HEMA, que a su vez reacciona con el composite a través del doble enlace carbono-carbono.

El sistema oxalato férrico NTG - GMA/PMDM consta de tres componentes.

El oxalato férrico elimina el barrillo dentinario de la superficie de la dentina y actúa como penetrante, mientras que el NTG-GMA y el PMDM se unen a la dentina y contienen dobles enlaces carbono-carbono para reaccionar con el composite. Se han introducido



diferentes variaciones a este concepto, sustituyendo la N-tolilglicina y utilizando otros sistemas preparadores como ácido fosfórico o ácido nítrico diluido. Existe un adhesivo que contiene HEMA y Bis-GMA y fotopolimeriza sobre la superficie dentinaria previamente preparada con una solución ácida acuosa del HEMA y un ácido maleico. Con este sistema se forma una capa de transición entre la dentina hidrófila y el composite hidrófobo. Se puede modificar este sistema utilizando ácido maleico al 10 % y un preparado consistente en una solución acuosa de HEMA y copolímero de ácido polialquenoico. Con este y otros sistemas muy resientes se obtiene uniones que no dependen de que la dentina este completamente seca.

El otro sistema adhesivo para dentina se emplean soluciones acuosas de ácido orgánico que contienen sales de aluminio como líquidos acondicionadores y una solución adhesiva de ácido metacrilato mono y polifuncional.²³

4.1 Primera Generación

Buonocore en 1956, siguiendo los principios utilizados en el desarrollo de adhesión al esmalte, intento lograr la adhesión a la dentina utilizando ácidos de menor concentración y de menos tiempo de contacto, reportando resultados sorprendentes de adhesión. La resistencia de unión fue de entre 2 y 3 MPa pero descendía considerablemente en cuanto entraba en contacto con el agua. Los adhesivos dentinarios iniciales se basaron en el modelo de los eficaces agentes de conexión a base de silano. La conexión con el silano se ha empleado para fijar el relleno inorgánico con la matriz de la resina compuesta. De forma general, la conexión con el silano se puede presentar como M-R-X donde M es un grupo de metacrilato insaturado capaz de polimerizar y copolimerizar con una resina sin



relleno o con una matriz de una resina compuesta, la X es un grupo que reacciona químicamente con el sustrato de sílice y la R es un grupo espaciador que permite la movilidad del grupo M después de que el grupo X se ha movilizó cuando ha reaccionado con la superficie. En todas las aplicaciones odontológicas, la conexión con el silano es el metacriloxipropil trimetoxisilano.

En la práctica los grupos metoxi se hidrolizan y generan grupos silanol, que se puede condensar con otros grupos silanol que recubren la superficie de cualquier sustrato sílice expuesto al aire (húmedo). El grupo metacrilato restante puede copolimerizar con una resina sin relleno o con una matriz de la resina compuesta para formar una capa intermedia en la que la resina queda unida con el relleno síliceo a través de uniones químicas primarias.

No es de extrañar que los primeros adhesivos dentinarios que contienen grupos X ácidos se diseñaran para reaccionar con la porción mineral, específicamente con el calcio de la hidroxiapatita, esta contribuía poco a la retención de la restauración. El desarrollo de una técnica confiable para lograr una adhesión estable y fuerte a dentina, estaba muy lejos de poderse obtener con los materiales y técnicas de esta generación.^{4,16}

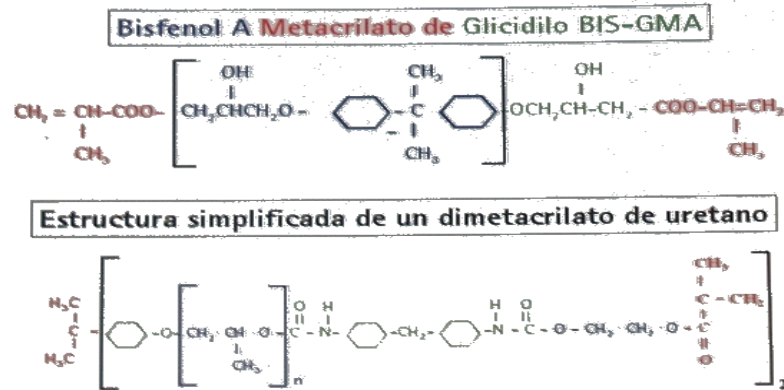


Figura 10. Composición de un adhesivo.

Características

- Adhesión muy baja a la dentina.
- Se buscaba la unión por quelación del agente adhesivo con el Calcio de la dentina.
- La unión duraba pocos meses.
- Se indicaba en cavidades pequeñas clase IV y V.
- Cuando se usaba en dientes posteriores era común la sensibilidad postoperatoria.

Productos comerciales:

- Cervident[®] – SS White
- Creation Bond[®] – Den/Mat

Composición:

Poliuretanos, cianoacrilatos, dimetacrilatos de ácido glicidilmetacrilato, NPG –GMA (N – fenilglicina y glicidilmetacrilato) HEMA, UDMA¹¹



4.2 Segunda Generación

El éxito de las resinas compuestas favoreció la introducción inmediata de adhesivos dentinarios a finales de los sesenta y principios de los setentas. Se pensaba de forma unánime que el desarrollo de la adhesión dentinaria podría revolucionar la práctica de la odontología conservadora, disminuyendo las extensiones por retención de las cavidades que se requerían para fijar las obturaciones directas. Los adhesivos de segunda generación más característicos son el NPG – GMA (ADDUCT N- fenil glicina y metacrilato de glicidilo) y el ácido fenil (P,2 –metacril oxifenil fosfórico).

El comportamiento de estos sistemas adhesivos dependía de la búsqueda de adhesión a la capa de detritus dentinaria y estaba limitada a la relativa retención de esta con la dentina superficial. Los valores de unión de estos sistemas fueron de 4 y 6 MPa, y se llegaron a considerar como valores altos de adhesión. Se especuló que el fracaso clínico fue debido a una inadecuada estabilidad hidrolítica en el medio bucal y porque su principal adhesión estaba en la capa de desecho en lugar de la dentina subyacente. La presencia de una capa de desecho intermedia evita el contacto íntimo resina – dentina, lo cual es un prerrequisito para cualquier reacción química.^{3,4,16.}

Eran constituidos por ésteres e isocianatos para la unión química al colágeno de la dentina. Estos productos intentaban usar la capa residual como sustrato de adhesión. Las restauraciones con márgenes en la dentina presentaban exageradas micro filtraciones. Y las restauraciones en dientes posteriores padecían de sensibilidad postoperatoria.¹¹



Características.

- Intentaron usar la capa de desecho como sustrato.
- Las restauraciones con márgenes en dentina presentaba exagerada micro filtración.
- La retención al año no era mayor de un 70%
- En dientes posteriores se presentaba hipersensibilidad.

Productos comerciales:

- Scotchbond® – 3M
- Universal Bond® – Caulk
- Dentin Bonding Agent® – J & J
- Dentin Adhesit® - Ivoclar

Composición

Ésteres halo fosfóricos de BIS-GMA, HEMA, UDMA, acetona.¹¹

4.3 Tercera Generación

Los agentes de la tercera generación tenían en común la acción, en mayor o menor grado, sobre el barrillo dentinario para que facilitara la penetración de monómeros resinosos bifuncionales. Además de esto, una unión de naturaleza química a los componente de la hidroxiapatita o del colágeno.

Los procedimientos de los adhesivos de la tercera generación pretendían realizar un acondicionamiento de la dentina de dos formas:

1) Modificar el barrillo dentinario para mejorar sus propiedades 2)



Eliminar el barrillo dentinario sin alterar el que tapaba los túbulos dentinarios.

La utilización de imprimadores (*primers*) para obtener una mejor humectación del adhesivo, fue uno de los avances más significativos registrados en esta generación.

Los imprimadores son ácidos débiles o una mezcla de ácidos a baja concentración capaces de modificar el *barrillo dentinario* que se localiza sobre la superficie de la dentina, dentro de los imprimadores se encuentran componentes a base de resina que se activan por medio de una fuente de luz, para intentar actuar después del efecto ácido sobre la dentina.

Los sistemas de adhesión a dentina de esta generación, promueve la unión de la colágena de dentina pretratada, con la adición de retención intermecánica a las aperturas de los túbulos dentinarios.^{3,4,16}

A pesar de que había bastantes variaciones, el procedimiento en los adhesivos de tercera generación constaba de cuatro pasos:

- 1.- Aplicación de un acondicionador dentinario, que es un tipo de ácido débil que modifica o elimina el barrillo dentinario.
- 2.- Aplicación del imprimador.
- 3.- Aplicación del adhesivo, generalmente una resina sin relleno.
- 4.- Colocación de una resina compuesta.

La eficiencia de la adhesión de estos sistemas, radicaba principalmente en la interacción mecánica del adhesivo a la dentina.



La tercera generación fue también la “primera generación” en adherirse no solamente a la estructura dental sino también a metales y cerámicas.

La parte negativa de estos agentes de unión fue su corta duración. En varios estudios se constató que la adhesión de estos materiales empezaba a decrecer después de tres años en boca. Sin embargo, a pesar de niveles altos de sensibilidad postoperatoria, la demanda por parte de los pacientes de restauraciones color del diente impulsó a algunos dentistas a empezar a ofrecer obturaciones posteriores en resinas compuestas como procedimiento de rutina.^{3,4}

Características

- Sistemas de doble componente: imprimador y adhesivo.
- Incremento de la fuerza de adhesión a dentina de 8 a 15 Mpa.
- Se uso en erosiones, abfraccion, erosión con preparaciones mínimas.
- Disminución de la sensibilidad en dientes posteriores.
- Se unían a metales y cerámicas.
- Negativo: corta duración (tres años)

Productos comerciales:

- All – Bond[®] – Bisco
- Gluma[®] – Kulzer
- Mirage Bond[®] – Chameleon

Composición:

(NPG – PMDM, 4 META, HEMA, oxalatos), acetona, UDMA.¹¹



4.4 Cuarta Generación

La remoción del barrillo dentinario es característica de los adhesivos de cuarta generación.

El uso de acondicionadores con ácidos débiles para el acondicionamiento simultáneo (grabado total) del esmalte y dentina con los que se remueve o se altera el *smear layer*, se solidifica en un paso importante de los adhesivos de esta generación. En esta generación se menciona la exposición de la dentina intertubular y peritubular.

Los imprimadores con monómero hidrofílico se utilizan para facilitar la penetración a la dentina descalcificada para mantener la red de colágena abierta. Este paso impide que la red de colágena se colapse y permite que la resina adhesiva penetre en la dentina descalcificada. Se obtuvieron valores de 12 a 22 MPa y menos sensibilidad, ofreciendo un mayor éxito clínico.

La capa híbrida es el recurso más importante para obtener valores altos de adhesión y un mejor sellado de interface del material restaurador y dentina. Se considera que la formación de esta capa híbrida actúa de forma efectiva como barrera fisiológica contra la invasión de microorganismos y componentes químicos del material restaurador y así disminuir la sensibilidad postoperatoria.

En esta generación se hicieron intentos para obtener adhesión química a la estructura dental con una modificación del ácido poliacrílico con grupos metacrilatos polimerizables y se busca que los grupos carboxílicos del ácido poliacrílico formen uniones iónicas con el calcio remanente de la dentina. Los resultados *in vitro* demostraron una adhesión más fuerte y estable con estos sistemas adhesivos de cuarta generación.^{4,16,18}



Características generales:

- Acido fosfórico grabador separado
- Imprimador y adhesivo separado.
- Formulaciones foto y curado doble.
- Solvente a base de etanol o acetona.
- Las grandes innovaciones de la cuarta generación de adhesivos son el grabado total y la adhesión a la dentina húmeda.

Productos comerciales:

Fotocuradas

- Amper[®] – 3M, All – Bond 3[®] –Bisco , Optibond FL[®] – Sybron/Kerr

Todo propósito

- All Bond 2[®] – Bisco, Imperva Bond[®] –Shofu, Optibond[®] – Sybron / Keer.

Composición

HEMA, UDMA 4-META, BIS-GMA, GPDM, etanol, vapores de sílice, vidrio de bario. hexafluorosilicato de sodio, (25% de relleno).¹¹

4.5 Quinta Generación

Debido a la complejidad y sensibilidad de la técnica, además del tiempo necesario para la utilización de los materiales de 4ta generación, las más recientes innovaciones en el campo de los



adhesivos son en dirección a simplificar los procedimientos de aplicación.

Utilizando también el procedimiento de grabado total, fueron comercializados los agentes adhesivos de frasco único o monocomponentes. En estos, los componentes primer bond de los sistemas anteriores hacen parte de la única solución. Mantienen un balance en las concentraciones de los monómeros hidrofílicos e hidrofóbicos para ejercer al mismo tiempo las dos funciones. Inicialmente son materiales muy fluidos, lo que proporciona la formación de la capa híbrida. Y después de la evaporación del solvente se quedan más espesos, uniéndose a la resina compuesta. Los solventes más utilizados en estos materiales son la acetona y el etanol pero algunos tienen como solvente al agua. El primer producto de esta generación fue el primer & bond[®] (Dentsply).

El procedimiento para estos materiales debe ser la aplicación del adhesivo secado suave con chorro de aire y verificación de la superficie. Otro factor es que dependiendo de las particularidades de la dentina que estemos trabajando, la cantidad de adhesivo necesaria puede variar. Lo más importante es que no queden áreas con apariencia seca sobre la superficie.

La capacidad de penetración y encapsulamiento, basado en la impregnación simultánea de los materiales, es el factor principal para el éxito de los adhesivos.^{4,7,12,16}

Características generales:

- Acido grabador separado
- Imprimador y adhesivo combinado.
- Formulación foto curado.
- Solvente a base de acetona y alcohol.



- Algunos productos traen catalizador separado para curado doble.
- Se adhiere al esmalte, dentina, cerámica y metales.
- Inconvenientes con cementos de resinas auto curables y resinas compuestas auto curables.
- Son los adhesivos más populares en la actualidad..
- La fuerza de retención a la dentina esta en el rango de 20 a 25 MPa.

Productos comerciales:

- Bond 1[®] – Jeneric/ Penaron, One Step[®] - Bisco, OptiBond Solo[®] – Keer.

Composición

HEMA, UDMA , 4 META, acetona, canforoquinona, BPDM, BIS-BMA, GPDM (glicerofosfato dimetacrilato), etanol, vapores de sílice , vidrio de bario, monomeros patentados, borosilicato de bario 40% resinas naturales patentadas, fluor, PENTA R-5-62-1, cetilamina hidrofluorada.¹¹

4.6 Sexta Generación

Estos adhesivos combinan las tres funciones: grabado acido, *primer* y adhesivo en un solo frasco o fase. Tiene como objetivo simplificar el procedimiento de adhesión y evitar los pasos más críticos de la técnica. Eliminar el lavado de la superficie solo requiere de un secado para distribuir uniformemente el producto antes de su polimerización. Viene presentados comercialmente en dos botes, los cuales se mezclan para activar sus componentes inmediatamente antes de su



aplicación (Adper prompt self – Etch , 3M[®] –ESPE; One – up Bond F[®], Tokutama; XENO[®] III Dentsply)

El raciocinio detrás de estos nuevos sistemas es la desmineralización más superficial de la dentina, con un mayor control y la simultánea penetración de la dentina por monómeros que pueden ser polimerizados.

La técnica y los mecanismos para obtener adhesión a dentina son diferentes a la técnica de grabado total, con menos pasos y más sencilla; pero aun sigue siendo una técnica muy sensible.

Los resultados con los sistemas de adhesivos de auto-grabado no son tan consistentes como los sistemas de generaciones previas. Los imprimadores ácidos, tienen una molécula de resina fosfatanada que actúa con dos funciones diferentes simultáneas: grabado y acondicionamiento de la dentina y del esmalte, sin lavado con la intención de formar una estructura continua del sustrato incorporando la capa de detritus y los tapones de detritus, con la formación de la capa híbrida y las extensiones de resina.

Se ha observado en estos sistemas, la formación de una película intermedia de agua entre el sistema adhesivo y la superficie de la dentina provocando un fracaso de adhesión espontáneo.

La remoción incompleta de agua de la red de colágena, resulta en una competencia entre el monómero y el agua remanente dentro de la dentina desmineralizada que puede inhibir la polimerización del agente adhesivo. La fase de separación de los monómeros hidrofóbicos e hidrofílicos causan la formación de espacios que producen glóbulos cuando la resina se encuentra en presencia de agua.

XENO® III

El sistema adhesivo de auto-grabado se ha desarrollado para simplificar el procedimiento adhesivo, resolver las objeciones de la técnica de grabado total y por ello, minimizando la sensibilidad de los pacientes.

El sistema adhesivo de autograbado Xeno® III, ofrece de forma integrada, un pre-tratamiento/grabado preciso de esmalte y dentina. Derivado de 5 años de experiencia en auto-grabado, Xeno® es la tercera generación de adhesivos auto-grabantes que proporciona tanto fuerza de unión como calidad marginal sin ninguna diferencia sobre los sistemas adhesivos convencionales que usan ácido fosfórico como agente grabador.

Con agua/etanol como solvente, XENO®, contiene dos promotores de adhesión originales, inventados y patentados por Dentsply®: PEM-F, un "buscador" de iones calcio liberador de flúor, que aumenta la eficacia de grabado.

Pyro-EMA (ver Figura 11), que forma grupos de ácido fosfórico tras su hidrólisis.

Los beneficios que XENO® proporciona son: alta eficacia de grabado con un pH menor.



Figura 11. Kit de XENO® III



El futuro de los nuevos sistemas adhesivos se ve alentador con el desarrollo de materiales que presentan una adhesión mas perdurable a la estructura dental con la formación de una capa hibrida mas estable que logre sellar la interfase entre el diente y el material restaurador inhibiendo la micro filtración.^{4,14,15,18.}

Tipo 1, esmalte 7 a 28 MPa y dentina 16 a 35 MPa. Viene en dos frascos, uno con el acondicionador e imprimador ácido combinados y el adhesivo en un frasco separado, se coloca el imprimador ácido y luego el adhesivo.

Características generales del tipo 1 de 6ta generación.

- El imprimador es autograbadador.
- Imprimador en frasco separado del adhesivo.
- No se graba con acido fosfórico.
- Hay productos con catalizador separado para curado doble.

Productos comerciales.

Tipo 1

- AdheSE[®] – Ivoclar / vivadent, Contax[®] – Zenith /DMG , FL Bond[®] – Shofu, Nano – Bond[®] – Pentron.

Tipo 2: Puede presentarse en dos frascos o unidosis, usa agua como solvente, el adhesivo auto grabador se mezcla con el adhesivo y luego se aplica.

Características generales:

- No se graba con ácido fosfórico, En esmalte no preparado se puede necesitar grabado con ácido fosfórico.
- Formulación fotocurado.

- Agua como solvente.
- No requiere grabado ácido, al menos en la superficie de la dentina.
- Tiene un acondicionador en dentina.

Productos comerciales:

- 3M[®] ESPE Amper Prom L[®] – pop – 3M ESPE.



Figura 12. Adhesivo de 3M[®]ESPE

Composición.

HEMA, agua purificada, etanol, BHT (hidroxi- tolueno de butilo), dióxido de silicón disperso, metacrilato modificado con ácido fosfórico, dimetacrilato de uretano, canforoquinona, etil4 – dimetilaminobenzoato.¹¹

4.7 Séptima Generación

Estos adhesivos vienen en un solo frasco, el adhesivos con el autograbador, el esmalte no preparado puede requerir grabado con ácido fosfórico, fotocurado, agua como solvente resistencia de unión de 18 a 28 MPa en esmalte y 18 a 28 MPa en dentina,¹¹



Características generales:

- Valioso aporte a la eliminación de la sensibilidad postoperatoria.
- No importa cuál sea la luz usada.
- Los que dieron mejor adhesividad con todas las resinas y ausencia de sensibilidad fueron *All- Bond*[®], *OptoBond*[®], *Tenure Uni- Bond*[®]. El adhesivo debe ser de curado doble cuando la resina es de autocurado. Desde el punto de vista de la facilidad de empleo la mejor resina es *Build – It o Core Paste* y el más fácil de manipular es *Brush & Bond*[®].

Productos comerciales

- GC – BOND – GC Corp, XENO[®] IV- Densply Cault, I bond[®] – Heraeus Kulzer.

Composición

HEMA, etanol, agua, dióxido de silicio, hidroxitolueno, metacrilato modificado con ácido fosfórico, metacrilato modificado con fosfaceno monofluorado, canforoquinonas.¹¹



CAPITULO V

GRABADO ÁCIDO

5.1 TIPOS DE ÁCIDOS Y CONCENTRACIONES

Como ya mencione anteriormente Buonocore utilizó el ácido fosfórico al 85% para la técnica del grabado del esmalte, aumentando considerablemente la retención de las resinas acrílicas al tejido adamantino. Es a partir de este suceso que se abren las puertas a la odontología adhesiva, al poder preparar el substrato de esmalte en forma óptima para recibir un sistema adhesivo.⁹

Se han empleado las soluciones de ácido fosfórico al 15%, 32%, 35% y 37%. Ácido cítrico al 10% más cloruro férrico al 3%, de ácido maleico al 10% y de ácido nítrico al 2,5%+ oxalato de aluminio al 3,5% aplicados sobre la superficie del esmalte, desmineralizan y disuelven la matriz inorgánica de las varillas adamantinas, dando lugar a la formación de micro poros, microsurcos, microgrietas, estos ácidos que eran aplicados en concentraciones bajas eran tan efectivos como el ácido fosfórico al 30% o al 40% cuando se aplicaban al esmalte durante 15 segundos, aunque se ha demostrado que los ácidos a bajas concentraciones daban fuerzas de unión al esmalte inferiores que el ácido fosfórico convencional al 30% o al 40%, la característica más importante de los ácidos débiles utilizados en odontología restauradora al grabar esmalte y dentina es que clínicamente no se pueden observar, teniendo un aspecto deslustrado. Con microscopio electrónico de barrido, el esmalte grabado con ácido maleico al 10% o con ácido fosfórico al 10% durante 15 segundos no muestra el patrón de grabado característico del esmalte



grabado con ácido fosfórico al 30% o al 40% durante 15 o 30 segundos.^{5,6,12,13,21}

El uso de concentraciones bajas al 2% del ácido fosfórico no produce microporos, sin embargo la resistencia de unión es tan buena como la obtenida con concentraciones mayores, este efecto logrado no es solo la formación de microporos, sino la obtención de una superficie limpia y el cambio energético polar, de una superficie inicialmente poco reactiva, a una superficie altamente atractiva polar.⁹

El aplicar ácido fosfórico al 35% ha demostrado una superioridad e inocuidad cuando se usa en forma correcta teniendo grandes efectos sobre esmalte como limpieza de la superficie – disolución de la capa superficial contaminante. La desmineralización superficial y profunda de hasta 30 micrones por ataque del ácido a la hidroxiapatita, formación de fosfatos de calcio los cuales al ser removidos dejan una superficie micro porosa que servirá de anclaje micro-mecánico al adhesivo. Modificación de la capa superficial no reactiva del esmalte, produciendo un substrato de alta energía superficial, con atracción polar.

Generalmente se sostiene que una característica del esmalte acondicionado es la coloración blanca cretácea. Siendo determinada por la carga mineral del esmalte causada por el grado de maduración del tejido.

En un diente de la primera dentición, la coloración será un blanco más tenue y un diente de la segunda dentición tendrá una coloración más intensa. La tendencia actual es utilizar un gel tixotropico de ácido fosfórico al 15%, 32%, 35%, 37% con colores contrastes como el azul, verde, rojo, violeta y amarillo. Otros ácidos han sido aplicados como alternativas de grabado en esmalte pero ninguno de ellos ha proporcionado la misma efectividad en la adhesión micromecánica.^{5,9,11,12,13,20.}



Total Etch

Total Etch es una técnica de grabado para esmalte y acondicionamiento de la dentina que se aplica para obturaciones de composite directas así como en cementaciones adhesivas de restauraciones elaboradas en laboratorio a base de cerámica o composite.

Ventajas

- Es el clásico gel de grabado con cómodas propiedades de manejo.
- Viscosidad consistente gracias a la nueva composición del relleno, lo que permite que se pueda colocar de forma rápida y efectiva.
- Fuerte contraste del color con el diente.
- Émbolo especial para evitar desperdiciar material.

Indicaciones

Se puede aplicar como grabador de esmalte o en la técnica de grabado total en los siguientes casos:

- Cavidades que se restauraran con composite.
- Cementación adhesiva de inlays, coronas, puentes, carillas, puentes adhesivos, espigas radiculares.
- Cementación adhesiva de brackets y joyería dental (ej. Skyce®)
- Sellador de fisuras.



Figura. 13 Acido ortofosfórico al 37% presentación en gel¹⁸.

El ácido itacónico tiene propiedades de metacrilato, como la mayoría de los monómeros resinosos. Debido a estos dobles enlaces el primer ácido puede copolimerizarse con el ácido. A demás de esto el primer contiene grupos ácidos carboxílicos que pueden ser capaces de adherir los iones calcio a la estructura dental.

Perdigao realizó un estudio sobre la profundidad de la desmineralización y algunas marcas de acondicionadores ácidos. Y los resultados fueron los siguientes:

MARCA	COMPOSICIÓN	PENETRACIÓN (μm) nanometros	TIEMPO (segundos)
Menos de 2 μm.			
Gluma [®] 2000 sol.I	Ac. Oxálico 1.6%, nitrato de Al 2.6% glicina.	0.7	15
Mirage [®] ABC	Ac. Nítrico a 2.5%	0.7	15
Amalgabond [®] U.D.A	Ac. Citrico al 10%, clorato ferrico a 3%	1.3	10
Ultra- Etch [®]	Ac. Fosfórico a 10%	1.7	15
Entre 2 y 3 μm			



Ultra- Etch®	Ac. Fosfórico a 35%	1.9	15
All- Etch®	Ac. Fosfórico a 10%	3.0	15
SBMP etchant®	Ac. Maleico al 10%	2.1	15
Mirage® ABC	Ac. Nitrito a 2.5%	2.2	60
Scotchbond® etching gel	Ac. Fosfórico a 35%	3.0	15

5.2 PATRONES DE GRABADO EN ESMALTE

Es importante recordar que el esmalte, que ha sido tratado con flúor o colutorios de flúor, manifiesta una gran solubilidad que va a presentar una alta resistencia al ataque ácido. En este caso es necesario aumentar, el tiempo de grabado, generalmente a 30 segundos. De acuerdo con Simonses el efecto de grabado produce una serie de microporos dentro del esmalte, con una profundidad media de 20 micrones, en donde se va a anclar el adhesivo siendo esta una de las bases de la retención mecánica. Este hallazgo indica sin lugar a dudas que el efecto logrado no es solo la formación de microporos, sino la obtención de una superficie libre de impurezas y el cambio energético polar, de una superficie inicialmente poco reactiva, a una superficie altamente atractiva polar.^{9,11,12}

Anteriormente se han intentado aplicar otros ácidos como: ácido etileno diamino tetra acético, ácido acético, ácido cítrico, ácido formico, sin embargo el ácido orto fosfórico en concentraciones de 30 al 37 % a demostrado una superioridad excelente cuando se usa de manera adecuada.



El contacto del ácido con los tejidos blandos debe evitarse, pues ocasiona irritaciones y quemaduras. Se recomienda proteger las estructuras dentarias adyacentes, así como los tejidos blandos. La dentina profunda no debe ser tocada por la solución ácida o adhesivos autograbadores, esta se debe proteger previamente con una base ácido resistente, no degradable de hidróxido de calcio o de polialquenoato de vidrio.

Silvestone clasificó el efecto de grabado ácido, en la estructura histológica del tejido del esmalte en tres patrones o formas diferentes de grabado (ver figura tal):

Patrón I de grabado:

El efecto desmineralizante con remoción de sales de calcio, se efectúa primordialmente en el centro de cada varilla dejando la periferia intacta.

Patrón II de grabado:

El efecto ácido tiene predilección en los contornos de la varilla adamantina.

Patrón III de grabado:

El efecto combinado de los dos descritos.

El patrón de grabado más frecuente es el 1 es decir, ataque preferentemente en el centro de cada varilla adamantina.⁹

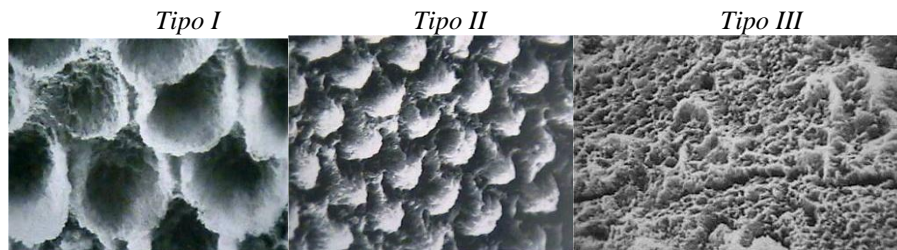


Figura 14. Tipos de patrones de grabado en la superficie del esmalte.

Brannstrom nos dice que los agentes ácidos actúan como limpiadores de la dentina, removiendo todas las partículas contaminantes producto de la preparación cavitaria, atacan al túbulo dentinal ampliando su luz, permitiendo un fácil y rápido paso hacia la pulpa.

En la actualidad el profesional tiene a su disposición diferentes concentraciones de ácidos fosfóricos en consistencia de gel coloreado. lo cual permite visualizar la zona en donde se está ejerciendo el efecto del grabado. Las concentraciones varían de 37 % la más utilizada sobre el esmalte, y para dentina una concentración de 10% fórmula de Coltene.

El grabado ácido en esmalte se debe de limpiar la superficie del esmalte, realizando una profilaxis con bicarbonato de sodio, adicionada con unas gotas de agua, para dar una consistencia densa se aplica con un cepillo suave y a baja velocidad.

Se lava profusamente, se seca con aire limpio y una torunda de algodón y se aísla el campo operatorio.

Se dosifica el gel de ácido fosfórico utilizando la jeringa con aguja fina, se ubica exclusivamente en la zona donde se desea grabar. Dejándolo actuar por 15 segundos en esmalte y después por 10 segundos en dentina. La aparición de sistemas adhesivos auto grabadores permite bajar el tiempo de grabado a 10 segundos.



Figura 15. Grabado ácido en esmalte y dentina.

Transcurridos este tiempo, se eliminan los excesos con un pincel. Se procede a lavar profusamente pero sin presión por 30 segundos. No se debe utilizar agua atomizada, pues la alta presión distorsiona y aplana la arquitectura del grabado.

Se seca suavemente, asegurándose de proyectar un aire limpio, libre de grasa o humedad. Por ningún motivo se toca la superficie grabada, no se debe permitir la contaminación con fluidos gingivales, sangre o saliva. Se debe de poner en capas delgadas y continuas el sistema adhesivo y se agrega un poco de aire para hacerla mas fina y se procede a fotopolimerizar.^{9,13.}



5.3 ACONDICIONAMIENTO DE LA DENTINA

El acondicionamiento ácido de la dentina puede abrir los túbulos dentinarios, por lo cual pueden penetrar las bacterias hacia la pulpa, si la superficie no fuera lo perfectamente sellada.

Por lo tanto aunque se empleen adhesivos dentinarios, dependiendo de la profundidad de la cavidad los riesgos son grandes.

El acondicionamiento ácido por si solo puede no ser el causante de los daños pulpares, pero la dentina acondicionada queda más permeable y susceptible a la infiltración bacteriana con grandes riesgos para la pulpa.

Lo que realmente se busca al acondicionar la dentina es remover el barrillo dentinario y desmineralizar superficialmente la dentina intertubular, para exponer la malla de colágena y así el adhesivo puede penetrarla para que interactúe con ella. Para esta interacción dos factores son importantes: primero se debe de preservar la integridad estructural de las fibras de colágeno, sin desnaturalización, manteniendo la porosidad de los espacios interfibrilares, segundo la profundidad de desmineralización debe ser lo menos posible.⁹

En el caso de que una capa muy grande de colágeno sea expuesta por el grabado ácido, el adhesivo puede ser no capaz de impregnar totalmente la red de colágena, que puede quedarse desprotegida y ser hidrolizada con el tiempo, comprometiendo la adhesión.

Nakabayashi y sus colaboradores consideraron que una desmineralización de 1 a 2 μm en la dentina es suficiente para una adecuada resistencia adhesiva, pues permite la fácil penetración de los monómeros. Una de las ventajas de los sistemas autoacondicionantes es el hecho de que la desmineralización e infiltración ocurre simultáneamente, evitando la formación de áreas de colágeno



desprotegido. Se sabe que la profundidad de desmineralización está directamente relacionada con las características del ácido utilizado como su Ph, concentración, viscosidad y tiempo que permanece reaccionando con el sustrato.⁹

La aplicación de ácido fosfórico en dentina, produce una desmineralización parcial de la fase mineralizada. Al salir los iones calcio con el lavado tendremos un sustrato de malla colágena expuesta (la cual es un sustrato con muy poca posibilidad de reacción adhesiva).

La malla colágeno expuesta, sin soporte, estará suspendida por la humedad relativa presente después del lavado. Este sustrato no se debe de secar pues ocasiona el colapso de la malla de colágena. Además de tener una intensa reacción irritante por la deshidratación dentinal se recomienda eliminar el exceso de humedad con esponjitas estériles absorbentes, dejando el sustrato dentinal húmedo.

Ante esta circunstancia se hizo necesaria la síntesis de sistemas adhesivos dentinales con imprimidores o preparadores altamente hidrofílicos, que puedan actuar sobre este sustrato.

La integración e interdifusión de estos adhesivos dentro de la malla colágena, en la dentina intertubular y con proyecciones intratubulares es lo que se ha denominado como hibridación dentinal.⁹

Al utilizar ácido fosfórico al 37 % no solo eliminamos el *smear layer*, sino también deja la dentina totalmente expuesta. Con un aumento en su lumen tubular superficial exponiendo y debilitando las fibras colágenas al eliminarles su capa inorgánica superficial. Así se forma la capa de hibridación; sin embargo la duda generada por esta técnica es, si el sistema adhesivo, a través de sus monómeros, es una capa imprimida donde la zona de dentina desmineralizada por los ácidos o dentina necrótica en toda su extensión queda expuesta.

El ácido fosfórico penetra en dentina 25 μm y el adhesivo solo es capaz de penetrar de 3,9 μm a 4,5 μm lo que generaría una zona sensible no impregnada por el adhesivo de 20,5 μm a 21,1 μm , susceptible a fallas adhesivas por contracción de polimerización, con alto riesgo de alteración pulpar.

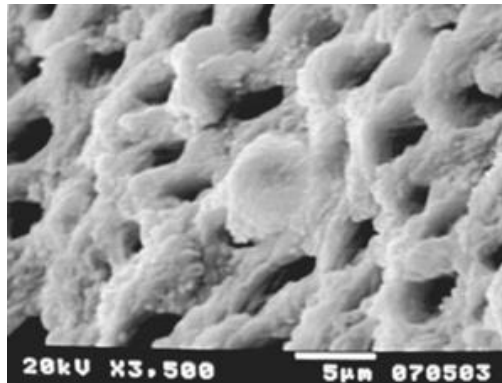


Figura 16. Dentina impregnada de adhesivo.

La dentina profunda o medianamente profunda, no debe ser expuesta al grabado con ácidos fosfóricos o agentes adhesivos autograbadores. Se propone en estos casos la protección del complejo dentino pulpar con liners biocompatibles de fórmulas de polialquenoato de vidrio.

Los efectos inmediatos del ácido fosfórico en concentraciones del 37% sobre dentina son:

- Desmineralización con exposición de la malla colágena.- Micro y macroporosidades y creación de grietas en la dentina intertubular.
- Ampliación de la luz tubular.- Aumento de la permeabilidad dentinal.
- Por ser hipertónico, producción de fluidos tubulares y la consiguiente irritación pulpar.

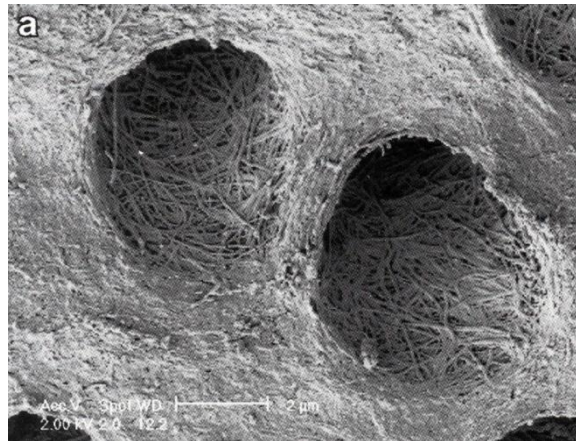


Figura 17. Dentina vista después de grabado ácido.

Clínicamente es imposible secar el esmalte sin secar simultáneamente la dentina, por lo que el colágeno de ésta se colapsa fácilmente secado con aire, lo que da lugar al cierre de los microporos en el colágeno intertubular expuesto. Cuando la dentina grabada se seca empleando aire, las fuerzas de adhesión disminuyen sustancialmente, en especial para los sistemas de adhesión a base de acetona y de etanol. Cuando se elimina el agua, se pueden perder las características elásticas del colágeno. El colapso de las fibras de colágeno con el secado puede ser el resultado de los cambios en la organización molecular. Microscópicamente se han observado áreas de desprendimiento con hibridación peritubular incompleta, junto con una penetración deficiente del adhesivo dentro de los túbulos. El adhesivo no parece penetrar en la dentina intertubular grabada seca. Clínicamente, es difícil valorar o estandarizar la cantidad de humedad que deberían dejarse en la superficie de la dentina antes de la aplicación del sistema adhesivo.

La dentina situada bajo una lesión de caries y la dentina expuesta a la cavidad oral en lesiones cervicales no cariosas en la que los túbulos quedan obliterados por cristales de fosfato tricálcico, la dentina que experimenta estos cambios de composición se denomina dentina esclerótica y es mucho más resistente al grabado con ácido que la



dentina normal. En consecuencia la penetración de un adhesivo dentinario es limitado. Además la efectividad de los adhesivos en las lesiones cervicales es menor.¹³

Grabado ácido de la dentina:

El fenómeno adhesivo para el substrato de esmalte, es relativamente sencillo, seguro y fácil de lograr, obteniendo valores de fuerza adhesiva por encima de los 20 MPa, No así en la dentina. En este substrato, nos encontramos con múltiples dificultades.

Al tener composición heterogénea, orgánica e inorgánica. presenta una fracción importante de agua y fluidos tubulares que dificultan la acción adhesiva. Un componente de colágeno de baja energía superficial, presenta túbulos dentinales con prolongaciones odontoblásticas y debemos preservar la Vitalidad pulpar, además se forma una capa de desechos dentinales, denominado como *smear layer*, producto del corte con fresas durante la preparación cavitaria.

Se acondiciona la dentina aplicando ácido poliacrílico en una concentración de 20% durante 10 segundos, lavando profusamente se logra una limpieza efectiva en la zona intertubular. Éste ácido no tiene efecto irritante en la dentina y promueve la unión química gracias a los grupos carboxilos por quelación.

La acción del ácido fosfórico en dentina en una concentración de 37% tiene como consecuencia una desmineralización con exposición de la malla de colágena. Micro y macro porosidad. Creación de grietas en la dentina intertubular. Ampliación de la luz tubular. Aumento de la permeabilidad dentinal. Por consiguiente una irritación pulpar.^{9,11,13}



CAPÍTULO VI

REPERCUSIONES DE LA ADHESIÓN DENTINARIA

6.1 CONTRACCIÓN DE LA POLIMERIZACIÓN

El reordenamiento dimensional de monómeros dentro de las cadenas poliméricas durante la polimerización inevitablemente conduce hacia una contracción de volumen.

En situaciones clínicas, la contracción del curado está limitada por el desarrollo del enlace del material restaurador a las paredes cavitarias. Ésta restricción induce fuerzas de contracción de polimerización, la cual impide el desarrollo de la unión resina – diente mediante tracción del material de resina polimerizado que se encuentra lejos de las paredes cavitarias. La unión composite - esmalte podría superar la contracción, pero no podría la interfase composite – dentina más débil. Los materiales que se encuentran actualmente en el mercado se contraen durante la polimerización.⁸

6.2 REPERCUSIONES BIOLÓGICAS

El composite puede tener efectos tóxicos, sobre todo si la dentina residual es menor de 2 mm, el adhesivo dentinario tiene repercusiones menores o inexistentes en comparación con el composite, si las hubiera disminuyen con el tiempo. En cavidades profundas es recomendable colocar un material protector pulpar.



6.3 SENSIBILIDAD POSTOPERATORIA

La sensibilidad postoperatoria se debe muchas veces a la falta de sellado de los túbulos dentinarios, ya que permite el paso a bacterias. La impermeabilización de la dentina con los agentes adhesivos es un elemento de prevención del dolor, además de que requiere una adecuada técnica de aislamiento absoluto.

Respecto a la técnica operatoria, las preparaciones han variado respecto a los postulados del Dr. Black, como la retención, resistencia y extensión que se realizaban de a expensas del tejido dental sano la odontología adhesiva propone la preparación de cavidades más conservadoras, y permite dejar esmalte sin soporte dentinario en preparaciones que no reciben carga masticatoria.^{2,9}

CARACTERÍSTICAS DE UN ADHESIVO

Características ideales de un adhesivo dentinario.

El adhesivo dentinario ideal debería conseguir lo siguiente:

- Adherirse a la dentina con una fuerza igual o mayor que la de un composite al esmalte grabado.
- Alcanzar rápidamente (en pocos minutos) la máxima fuerza de adhesión para permitir las manipulaciones de acabado y pulido así como el restablecimiento funcional postoperatorio del paciente en un plazo de tiempo razonable.
- Ser biocompatible y no irritar el tejido pulpar.
- Prevenir las microfiltraciones.



- Demostrar una estabilidad prolongada en el medio oral.
- Ser fácil de aplicar y clínicamente indulgente.
- Interpenetrar las fibras de colágeno dentinario o los espacios vacíos dejados por estas.
- Reaccionar químicamente para formar sales estables por reacción ácido - base.
- Obliterar los túbulos dentinarios y mantener el medio interno.
- Ser compatible con otros sistemas resinosos.
- Reducir la hipersensibilidad posoperatoria.
- Estabilizar el modulo elástico dentinario.
- Aumentar la adaptación a las paredes cavitarias, disminuir la filtración marginal y el riesgo de caries secundaria.
- Ser resistentes a las fuerzas oclusales, obteniendo una resistencia adhesiva de 27 MPa que es aproximadamente la resistencia del colágeno dentinario.¹²



CONCLUSIONES

El adhesivo ideal, sería aquel que no necesitaríamos, empleando directamente el material de restauración (resina), que se adhiriera a los tejidos del diente sin sufrir contracción, sellando perfectamente.

En la actualidad, existe la odontología nanométrica, la cual por sus nano partículas de relleno, refuerzan al adhesivo, manteniendo sus propiedades esenciales de adhesión de alto rendimiento.

Las últimas investigaciones de los adhesivos dentinarios se enfocan en sintetizar sus componentes y pasos clínicos. Cada uno de los sistemas adhesivos es único, con ciertas características. Por tal motivo se recomienda seguir las indicaciones del fabricante en cuanto a su manipulación, ya que tienden a ser muy sensibles, en éste sentido.

Para lograr el éxito en la técnica adhesiva, es de vital importancia tener cuidado en cada uno de los pasos a aplicar un adhesivo.



FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Hinostraza G. Perspectiva Histórica. 2da edición Ed. Asociación Latinoamericana de Operatoria Dental y Biomateriales 2003.
2. Baratieri L. Restauraciones adhesivas directas en dientes anteriores fracturados, 2ª edición, Ed. AMOLCA 2004.
3. Guzmán H. Biomateriales Odontológicos de uso Clínico, 4ta edición Ed. amolca 2006.
4. Schwart R. Fundamentos en Odontología Operatoria. 1era. Edición, editorial Actualidades Médico Odontológicas Latinoamérica, C.A. 1999.
5. Marcelo C. Restauraciones Estéticas con resinas compuestas en dientes posteriores, 1ª Edición Ed. artes médicas latinoamericana 2001.
6. Cardoso P. Effect of solvent type on microtensile bond strength of a total-etch one-bottle adhesives system to moist or dry dentin. J Operative Dentistry, 2005 30-3.
7. Bottino M. Estética en rehabilitación oral, metal free, 1ª edición Ed. artes medicas de Latinoamérica. 2001.
8. Kugel G./ Ferrari M. The Science of Bonding: from first sixth generation. JADA Vol. 131 pp 20-25 June 2000.
9. Steenbecker O. principios y bases de los biomateriales en operatoria dental estética adhesiva 3era edición asociación latinoamericana de operatoria dental 2003.



10. Barrancos M. Operatoria Dental, 4ta edición Ed. medica panamericana. 2006.
11. Robertson T/ Herman H/Swiff E. Arte y ciencia de la odontología conservadora 5ta edición Ed. Mosby.2006.
12. Barcelo. F/ Palma M. Materiales Dentales Conocimientos Básicos Aplicados. 2da edición. Ed. Trillas 2004.
13. Kennet W. Odontología Estética, una aproximación a las técnicas y materiales, 2ª edición Ed. Mosby 2002.
14. Cova J. Biomateriales dentales en odontología 1era edición Ed. Amolca 2004.
15. Kenneth J. A. Ciencia de los materiales dentales. Undécima edición. Ed. Elsevier S.A. (2004).
16. Marin F.y cols. Adhesivos dentales en odontología. RAAO, vol. XLIV No.3 pp. 26-31 septiembre - diciembre 2003.
17. Carrillo C. MSD Dentina y Adhesivos dentinarios Revista ADM, vol. LXIII No. 2. marzo-abril (2006).
18. <http://www.dentsply.es/adhesivos/xeno.htm>. visitado en Noviembre del 2010.
19. Francois J. Adhesion. The silent Revolution In Dentistry. Ed. Quintinessence publishing co, inc. 2000
20. Marín D. Adhesión a la estructura dentaria, en línea: http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVrevistas/odontologia/2002_n9/adhesion_mate.htm. visitada en noviembre del 2010.



21. Sakaguchi R. Contraction force rate of polymer composites is linearly correlated with irradiance. Dental material. Volumen 20, issue 4, may 2004 pp. 402-407.
22. Geneser F. histología 3era edición Ed. Medica panamericana S.A 2000.
23. Craig R. Materiales de odontología restauradora. Decima edición Ed. Harcourt Brace 1998.
24. Camps A. La evolución de la adhesión a dentina. Avances en la Odontoestomatologia vol.24-num4-2008.
25. Brånström, M. & Nordenvall, KJ. Bacterial penetration, pulpal reaction and the inner surface of concise enamel bond. Composite fillings in etched and unetched cavities. J Dent Res, 1978; 57: 3-10. Visitado en noviembre del 2010.
26. Abate PF, Rodriguez VI, Macchi RL. Evaporation of solvent in one-bottle adhesives. J Dent 2000. Aug; 28 (6): 437-40.
27. Shuster, GS. Caughman, GB. Rueggeberg, FA. Changes in cell phospholipids metabolism in vitro in the presence of HEMA and its degradation products. Dent Mater. 2000. Jul; 16(4): 297-302.

