
Adhesión a tejidos dentarios

Garrofé A¹, Martucci D², Picca M¹

¹Cátedra de Materiales Dentales, Facultad de Odontología, Universidad de Buenos Aires

²Cátedra de Técnica de Operatoria Dental, Facultad de Odontología, Universidad de Buenos Aires

Recibido: 16/04/14

Aceptado: 18/06/14

RESUMEN

En las últimas décadas, la odontología restauradora ha logrado un avance significativo que permite preservar tejido dentario mediante la realización de restauraciones adheridas, directas e indirectas. Este enfoque moderno de "Odontología Mínimamente Invasiva", se centra en obtener preparaciones dentarias con un diseño más conservador, basándose en la eficacia de la adhesión al tejido remanente de los biomateriales utilizados. El conocimiento de las características de los sustratos y de los materiales adhesivos, y la comprensión del mecanismo de adhesión es un factor fundamental para alcanzar el éxito clínico.

Palabras clave: Adhesión, tejidos dentarios, sistemas adhesivos, autograbado, grabado independiente.

ABSTRACT

In the recent decades, restorative dentistry has made a significant progress allowing to preserve tooth tissue by performing direct and indirect restorations. This modern approach, "Minimally Invasive Dentistry", focuses on obtaining dental preparations with a more conservative design, so restorative techniques are based on the effectiveness of the adhesion of biomaterials to the remaining dental tissues. The knowledge of the substrates characteristics and adhesive materials, and understanding the mechanism of adhesion is critical to achieving clinical success.

Key words: Adhesion, dental tissues, adhesive systems, self-etching, etch-and-rinse.

INTRODUCCIÓN

La introducción del grabado ácido del esmalte, propuesto por Buonocore en 1955, y el desarrollo de una resina basada en Bis-GMA, patentada por Bowen en 1962, han sido el comienzo de un amplio desarrollo de materiales y técnicas que hoy en día se aplican en muchas áreas de la odontología. Esto ha generado beneficios en los tratamientos rehabilitadores, pero al ser técnicas más sensibles, también puede llevar al fracaso de la restauración.

Clínicamente, la principal causa de fracaso de restauraciones realizadas con composites es la filtración marginal, que puede producirse por degradación de la interfaz adhesiva, y que finalmente conducirá a la decoloración marginal, caries secundaria y pérdida de retención (De Munck et al., 2005). Otros trabajos publicados describen también la sensibilidad postoperatoria y la fractura del material como posibles causas de fracaso (Pallesen et al., 2013).

Todo lo dicho anteriormente, ha llevado al desarrollo

de una innumerable cantidad de productos y técnicas, de las cuales el odontólogo no puede estar desinformado para poder optimizar su tarea clínica diaria, ya que nuevos materiales demandan una mayor atención en los cambios que se generan, tanto en las técnicas de preparación de las cavidades, en el acondicionamiento previo del tejido, como así también en la aplicación de los materiales (Maravankin, 2003).

FUNDAMENTOS DE ADHESIÓN A LOS TEJIDOS DENTARIOS

Cualquier restauración que se realice puede involucrar como sustrato a uno o más tejidos dentarios: esmalte, dentina, cemento; que son estructural e histológicamente diferentes. En la Tabla 1 se puede observar la composición de los tres tejidos o sustratos.

Esmalte

El esmalte está conformado fundamentalmente por componentes inorgánicos, orgánicos y agua (Gómez de Ferraris y Campos Muñoz, 2009).

El componente inorgánico corresponde a cristales de hidroxiapatita, producto del depósito de sales minerales cálcicas (básicamente fosfato y carbonato) $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ en la matriz del esmalte y su posterior cristalización. Esta matriz mineralizada puede encontrarse ordenada en forma de prismas o varillas “esmalte prismático”, o bien, sin adoptar una forma geométrica determinada “esmalte aprismático”. El esmalte aprismático se localiza en la superficie externa del esmalte prismático o varillar y posee un espesor aproximado de $30\mu\text{m}$. Está presente en todos los dientes primarios (en la zona superficial de la corona clínica) y en un 70% de los dientes permanentes (principalmente en regiones cervicales y surcos). En este tipo de esmalte los cristales de hidroxiapatita se disponen paralelos entre sí y perpendiculares a la superficie externa. En el procedimiento de acondicionamiento ácido del esmalte aprismático, debido a la ausencia de disposición geométrica de las varillas o prismas, según algunos autores es necesario aumentar el tiempo de grabado, o bien, eliminar el esmalte periférico (Gómez de Ferraris y Campos Muñoz, 2009).

En el esmalte maduro, mineralizado, su unidad estructural (varilla o bastón adamantino) adopta, en un corte transversal, la forma denominada “ojo de cerradura de llave antigua”. La disposición de estas estructuras le confiere mayor resistencia al

esmalte, ya que las “cabezas” soportan los choques de las fuerzas masticatorias y las “colas” las distribuyen y disipan (Fig. 1).

Otras características del esmalte maduro son su alta mineralización y extrema dureza debido a que, estructuralmente, está constituido por millones de prismas o varillas muy mineralizadas, que lo recorren en todo su espesor, desde el límite amelodentinario hasta la superficie externa, en contacto con el medio bucal. Los valores de dureza no son constantes en todo el espesor, sino que van decreciendo hacia el límite amelodentinario (3,1-4,7 GPa). Algunos autores lo consideran anisótropo, y describen que las propiedades físicas varían según la orientación de aplicación del estímulo respecto de la disposición de los cristales. Su elasticidad es muy escasa (módulo elástico de Young entre 72 y 87 GPa), debido a que posee reducida cantidad de agua y sustancia orgánica, lo que a su vez lo hace un tejido frágil. Estos aspectos se deberán considerar en el tallado de las cavidades o preparaciones, ya que debería evitarse dejar esmalte sin su correspondiente soporte dentinario, o al menos asegurar el soporte de un material con características similares a la dentina.

Desde el punto de vista químico, los cristales de hidroxiapatita son susceptibles (solubles) a la acción de ciertos ácidos, motivo por el cual es un sustrato viable donde se puede dar origen la caries dental. Este sustrato también reacciona ante cualquier noxa (física, química o biológica) con pérdida de sustancia cuya magnitud está en relación directa con la intensidad y frecuencia del agente causal. Puede ser afectado por

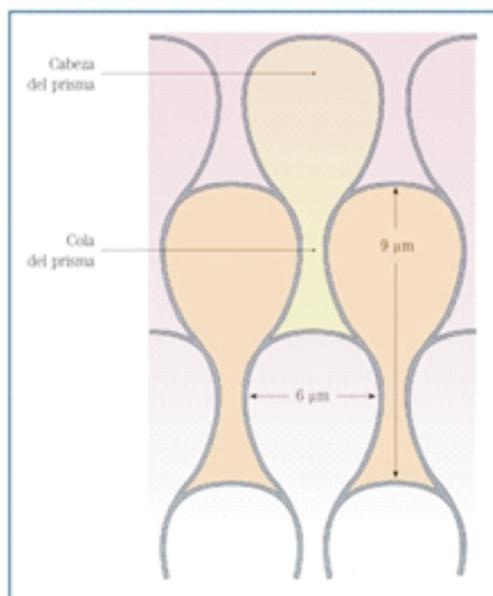


Figura 1. Esquema de los prismas en un corte transversal (imagen tomada del Libro “Histología, Embriología e Ingeniería Tisular Bucodental. 3era. Edición” de Gómez de Ferraris y Campos Muñoz, 2009).

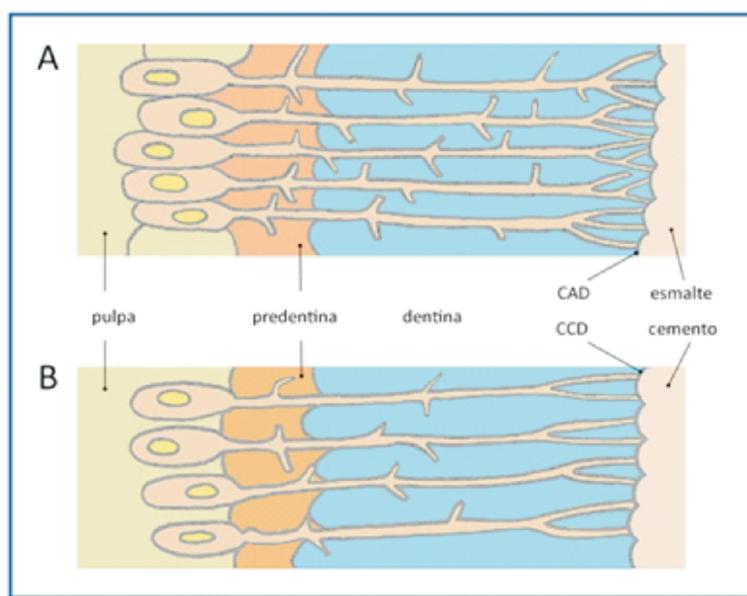


Figura 2. A) Ramificaciones terminales arboriformes de los odontoblastos en la zona coronaria. B) Ramificaciones terminales dicotómicas en la zona de la raíz (imagen tomada del Libro “Histología, Embriología e Ingeniería Tisular Bucodental. 3era. Edición” de Gómez de Ferraris y Campos Muñoz, 2009).

desmineralización ácida (caries, erosiones y acondicionamiento ácido), por estrés oclusal (atrición o abfracciones o ambas), por la acción de pastas y sustancias abrasivas (abrasiones) y por traumatismos (fracturas) o combinación de dos o más entidades; pudiendo producirse en él fenómenos de remineralización (Uribe Echevarría, 2010), a través de la captación de iones, como el catión calcio. Mediante la aplicación de topicaciones o el uso de pastas fluoradas los iones fluoruro pueden sustituir a los grupos oxhidrilos del cristal de apatita, convirtiéndolo en un cristal de fluorhidroxiapatita, un sustrato menos soluble a los ácidos.

Dentina

La dentina es el tejido de mayor volumen de la pieza dentaria, de crecimiento aposicional, de menor espesor en dientes “jóvenes”. Su composición se puede observar en la Tabla 1.

En cuanto a su estructura se pueden describir dos elementos básicos: la matriz mineralizada y los túbulos dentinarios que la atraviesan en todo su espesor, y que contienen los procesos odontoblásticos (Fig. 2).

La matriz inorgánica está compuesta por cristales de hidroxiapatita (70%), más pequeños y más delgados que los cristales del esmalte; también cierta cantidad de fosfatos amorfos, carbonatos, sulfatos y otros oligoelementos (fluoruro, cobre, zinc, hierro,

magnesio, etc.). El calcio que contiene, está ligado a componentes de la matriz orgánica, y actuaría como reservorio para la formación de cristales de hidroxiapatita. La matriz orgánica (18%) está constituida por varios componentes: colágeno, principalmente el Tipo I (90%), proteínas no colágenas (10%) y fosfolípidos. Las proteínas no colágenas pueden ser: proteínas fosforiladas y no fosforiladas, proteoglicanos, amelogenina, factores de crecimiento e inhibición, metaloproteinasas/metaloproteasas, fosfatasa alcalina y proteínas derivadas del suero.

Los túbulos dentinarios tienen una longitud promedio entre 1,5 y 2 mm, y su pared está formada por la llamada dentina peritubular (Fig. 3 y 4) muy mineralizada, cuyos cristales de hidroxiapatita son ricos en carbonato, magnesio y fosfato cálcico amorfo. El túbulo puede incluso llegar a obliterarse parcial o totalmente formando la “dentina esclerótica o translúcida”. En las zonas de dentina próximas a la pulpa los túbulos dentinarios son de mayor diámetro y hay mayor cantidad por unidad de superficie. Estas variaciones morfológicas en su luz, y la obliteración fisiológica, influyen en los cambios de presión en el interior de los túbulos. La llamada dentina intertubular está ubicada entre las paredes de los túbulos dentinarios, su componente fundamental son las fibras de colágeno, que están dispuestas en forma de “malla”

Esmalte	Dentina	Cemento
<ul style="list-style-type: none"> • 96% cristales inorgánicos de hidroxiapatita • 3% agua • 1% matriz orgánica de naturaleza proteica 	<ul style="list-style-type: none"> • 70% cristales inorgánicos de hidroxiapatita • 18% matriz de fibras de colágeno tipo I, glicosaminoglicanos u otras proteínas • 12% agua 	<ul style="list-style-type: none"> • 50% materia inorgánica (hidroxiapatita o fosfato octocálcico) • 24% materia orgánica (matriz de fibras de colágeno tipo I) • 26% agua

Tabla 1. Composición de esmalte, dentina y cemento (Gómez de Ferraris y Campos Muñoz, 2009).

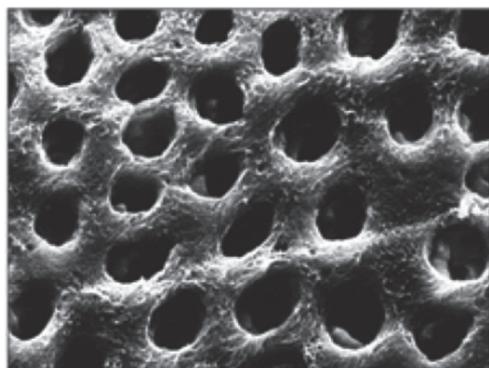


Figura 3. Túbulos dentinarios cortados transversalmente. Se observa dentina peritubular e intertubular. MEB, x3.000 (imagen tomada del Libro “Histología, Embriología e Ingeniería Tisular Bucodental. 3era. Edición” de Gómez de Ferraris y Campos Muñoz, 2009).

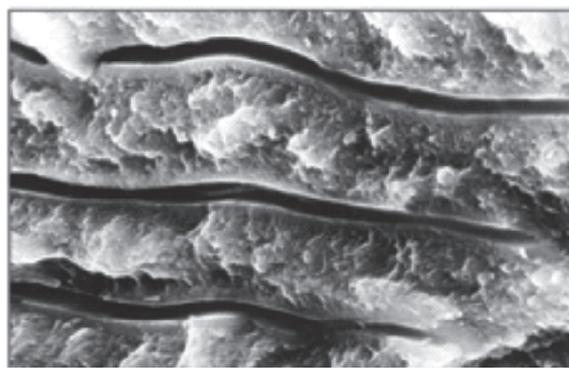


Figura 4. Túbulos dentinarios cortados longitudinalmente. Se observa dentina peritubular e intertubular. MEB, x2.500 (imagen tomada del Libro “Histología, Embriología e Ingeniería Tisular Bucodental. 3era. Edición” de Gómez de Ferraris y Campos Muñoz, 2009).

o “red”, sitio donde se depositan los cristales de hidroxiapatita.

Los procesos odontoblásticos son prolongaciones citoplasmáticas de los odontoblastos, cuyos cuerpos se ubican en la periferia de la pulpa y están separados de la dentina mineralizada por una zona de matriz orgánica no mineralizada llamada “predentina”. Los odontoblastos son las células que producen la matriz colágena de la dentina y también participan en el proceso de mineralización de la misma, por lo tanto, son responsables de la formación y mantenimiento de la dentina. El espacio entre el proceso odontoblástico y la pared del túbulo, llamado “espacio periprocesal”, está ocupado por un fluido que proviene del filtrado del plasma sanguíneo pulpar. Debido a que la pulpa y la dentina tienen el mismo origen embrionario, y conforman una unidad estructural y funcional, donde la dentina protege a la pulpa, se las denomina “complejo dentino-pulpar”.

La presencia de los túbulos dentinarios transforma a la dentina en un tejido con mucha permeabilidad respecto del esmalte, por lo que sustancias como colorantes y medicamentos, o microorganismos la atraviesan con relativa facilidad. Esta es una propiedad de gran importancia en la práctica clínica, no solo porque el movimiento del fluido a través de los túbulos es el responsable del estímulo hidrodinámico que produce el dolor dental (Teoría de Brännström), sino también por mecanismo de adhesión de los biomateriales.

Respecto de las propiedades físicas de la dentina, la dureza está determinada por el grado de mineralización, por lo que es mucho menor que la del esmalte, y algo mayor que la del cemento. Estudios recientes han establecido valores de dureza entre 0,57 y 1,13 GPa. Una propiedad relevante de la dentina, desde el punto de vista funcional, es su elasticidad, ya que permite compensar la rigidez del esmalte y amortiguar los impactos masticatorios. Los valores del módulo elástico de Young oscilan entre 18 y 25 GPa (Gómez de Ferraris y Campos Muñoz, 2009).

MECANISMOS DE ADHESIÓN A ESMALTE Y DENTINA

Adhesión a esmalte

Una vez erupcionada la pieza dentaria, el esmalte se cubre con una película secundaria, exógena, de origen salival (película adquirida); y también se desarrolla un biofilm, a expensas de los gérmenes habituales de la cavidad bucal. La presencia de esta película orgánica hace necesario el procedimiento de limpieza mecánica de la superficie, previo a cualquier

maniobra restauradora, con un preparado de piedra pómez en agua, mediante el uso de micromotor con brochita o cepillo.

El mecanismo fundamental de adhesión de las resinas compuestas a esmalte es de naturaleza micromecánica, debido a que los minerales extraídos durante el acondicionamiento ácido son reemplazados por monómeros que una vez polimerizados generan una traba mecánica. Buonocore, en 1955, introdujo uno de los mayores avances en la odontología, la adhesión mediante la aplicación previa de una solución de ácido fosfórico en agua, para lograr el “grabado ácido” del esmalte, procedimiento que desmineraliza y disuelve selectivamente la matriz inorgánica de hidroxiapatita de las varillas adamantinas, creando de esta manera las microporosidades. Los mejores resultados se han obtenido utilizando ácido fosfórico en concentraciones entre 32 y 37 % (Uribe Echevarría, 2010). Cuando el esmalte es acondicionado con esta sustancia ácida se produce una reacción ácido-base que desmineraliza y produce una pérdida irreversible de tejido superficial ($\pm 10\mu$ de profundidad), con formación de sales solubles de fosfato de calcio. Dichas sales luego son eliminadas mediante el procedimiento de lavado, quedando una superficie de elevada energía superficial. Si quedaran restos de ácido en la superficie adamantina, éstos pueden seguir actuando y generar un patrón de grabado no favorable (ver más adelante Patrón Tipo III). Otra forma de acondicionar el sustrato adamantino, aunque mediante una acción de menor intensidad, es con la utilización de ácidos débiles en baja concentración (maleico, poliacrílico, etc), o bien con el uso de monómeros hidrófilos-hidrófugos ácidos. La ventaja de éstos últimos es que no se lavan, las sales formadas quedan incorporadas al tejido y éste no pierde su carga mineral ni su estructura nanométrica (Uribe Echevarría et al., 1997).

De acuerdo a la disposición de los prismas y al tipo y tiempo de acción del ácido utilizado, se generan diferentes “Tipos o Patrones de Acondicionamiento Adamantino” (Figura 5):

-Patrón Tipo I: el ácido desmineraliza los cristales de hidroxiapatita de la cabeza de la varilla. El centro de la varilla aparece erosionado, permaneciendo insoluble la periferia.

-Patrón Tipo II: el ácido desmineraliza los cristales de hidroxiapatita del cuello o del extremo caudal de la varilla. Aparece erosionada la periferia de la varilla, permaneciendo insoluble la zona central.

-Patrón Tipo III: si el acondicionamiento con ácido fosfórico entre 32 y 37% supera los 15 segundos el

patrón se caracteriza por una mayor pérdida de tejido superficial, dejando menor superficie respecto de los patrones I y II. Se produce una erosión generalizada y se configuran imágenes que vagamente recuerdan a la morfología de escamas de pescado o en ojo de cerradura descrito en párrafos anteriores.

Una técnica adecuada de acondicionamiento adamantino proporciona:

- Mejor adaptación de los sistemas resinosos a las paredes de las preparaciones cavitarias.
- Disminución de la filtración y percolación marginal, de la pigmentación superficial, y del riesgo de caries secundaria.

El esmalte ya acondicionado, lavado y secado expresa su elevada energía superficial, lo que favorecerá su humectación con un líquido de baja tensión superficial (sistemas adhesivos). Ese líquido está constituido por monómeros, de fluidez suficiente para lograr la impregnación óptima del sustrato, que luego de su polimerización permitirá su retención micromecánica.

Adhesión a dentina

La adhesión a dentina se logra debido a la formación de la capa híbrida, la cual está conformada por la dentina desmineralizada y la infiltración de un líquido orgánico, con capacidad de polimerizar, entre las fibras colágenas. Parte del líquido, también penetra en los túbulos dentinarios, formando los llamados “tags” de resina. La capa híbrida será entonces la responsable de la adhesión micromecánica de los materiales a base de resinas.

Debido a la complejidad de su estructura, la adhesión a la dentina se ha considerado más difícil y menos predecible que la adhesión a esmalte. Una de las razones es que la dentina está íntimamente conectada con el tejido pulpar por medio de numerosos túbulos llenos de líquido el cual se desplaza a través de la dentina, desde la pulpa a la unión amelodentinaria (Cardozo et al., 2011).

Luego de varios años de desarrollo de diversos mecanismos para lograr adhesión eficaz a dentina, desde hace una década existe consenso en la necesidad de realizar tres acciones sucesivas o simultáneas que permitan: 1) exponer la trama de fibras de colágeno de la dentina intertubular, a lo que se llama “acondicionar”, e involucra una sustancia ácida; 2) “impregnar” esa red expuesta con monómeros hidrófilos y 3) la aplicación de monómeros hidrófugos (“adherir”). La realización en forma simultánea o sucesiva dependerá del sistema adhesivo utilizado (Figura 6).

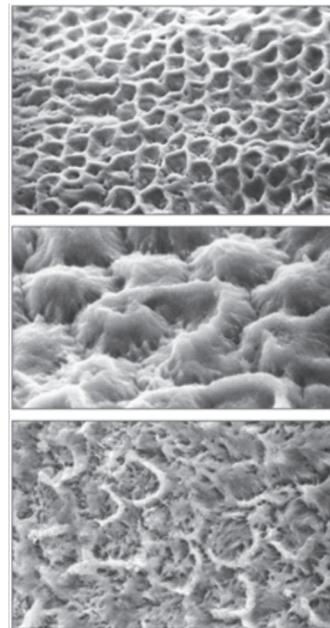


Figura 5. Grabado ácido visto en MEB. A) Patrón tipo I, x1500. B) Patrón tipo II, x5000. C) Patrón tipo III, x2500. (imagen tomada del Libro “Histología, Embriología e Ingeniería Tisular Bucodental. 3era. Edición” de Gómez de Ferraris y Campos Muñoz, 2009).



Figura 6. Fundamentos para lograr adhesión a dentina

Tipo de acondicionamiento	Ácido-Primer-Bond	Generación	Polimerización	Cantidad de dosis	pH
Grabado independiente "etch-and-rinse"	 Ácido Primer Bond	4ta.			El ácido fosfórico es un ácido fuerte
	 Ácido Primer + Bond	5ta.			
Autograbado "self-etch"	 Primer autiacionante Bond	6ta.	Fotocurado Autocurado Curado Dual	Mono-dosis Multi-dosis	Débiles
	 Adhesivo de autograbado que requiere mezcla	7ma.			Intermedios
	 Adhesivo de autograbado				Fuertes

Tabla 2. Clasificaciones de sistemas adhesivos.

Tener en cuenta estos tres objetivos nos facilitará la tarea de comprender las diferentes formas de clasificar los sistemas adhesivos, y nos permitirá realizar una correcta elección en función del caso clínico.

CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS ADHESIVOS

Durante las últimas décadas, los sistemas adhesivos han recibido diferentes clasificaciones de acuerdo a su composición y formas de presentación. Otra conocida forma de clasificarlos es por “generaciones”, muchas veces asociada a una estrategia de marketing de los fabricantes (Garone Filho 2003) y a la cronología en la que fueron apareciendo en el mercado.

Sin embargo, una de las formas más simples (Van Meerbeek et al., 2003), es utilizar una primera instancia que los diferencie según el tipo de acondicionamiento del tejido, en dos grandes grupos:

- 1) sistemas adhesivos de grabado independiente (“etch-and-rinse”)
- 2) sistemas adhesivos de autograbado o autoacondicionantes (“self-etch”)

Luego, se los clasifica según la cantidad de envases, en función de la composición y forma de uso: adhesivos de uno, dos o tres pasos. En el caso de los sistemas autoacondicionantes o de autograbado, una segunda clasificación permite agruparlos según el grado de acidez (pH), en función del tipo de monómeros ácidos que contienen. Y por último, pero no menos importante, todos los sistemas adhesivos se pueden clasificar en función del mecanismo de activación de la polimerización, y también por la cantidad de dosis que contiene el envase (mono y multi-dosis). En la Tabla 2 se resumen las clasificaciones vigentes.

La utilización de envases mono-dosis tiene mayores beneficios que los multi-dosis ya que: a) se evita la evaporación del solvente cada vez que se abre el frasco, b) se prescinde de agitarlos para mezclar los componentes, y c) se evita la contaminación cruzada al manipular los frascos; el único inconveniente es su costo elevado (Garone Filho 2010).

- 1) Sistemas adhesivos de grabado independiente (“etch-and-rinse”)

Este grupo de sistemas adhesivos, comercializados desde los años '90, incluyen como primer paso el grabado total (“etch-and-rinse”) mediante la aplicación de una solución acuosa de ácido, técnica de grabado ácido, que requiere el lavado y

posterior secado del sustrato. Los objetivos del acondicionamiento ácido del esmalte son: 1) limpiar la superficie, 2) crear microporosidades por la disolución selectiva de los cristales de hidroxiapatita, y 3) aumentar la superficie de adhesión y facilitar que el esmalte exprese su elevada energía libre superficial.

Para el acondicionamiento se utiliza ácido fosfórico en una concentración entre 32 y 40% (pH=0,6), pudiendo presentarse en forma de líquido, jalea o gel (se prefiere éste último ya que facilita su colocación controlada en áreas determinadas). En la dentina la aplicación de ácido fosfórico al 37% desmineraliza por completo la superficie de dentina intertubular (en un espesor de 5-8 μ) para crear porosidades nanométricas que da lugar a la posterior infiltración de monómeros entre las fibras colágenas (Pashley D et al., 2011).

El segundo paso, es la aplicación de un promotor de la adhesión (“primer”) que contiene monómeros hidrófilos, como por ejemplo HEMA (hidroxi-etil-metacrilato), disueltos en un solvente (alcohol, acetona o agua). La molécula tiene una terminación hidrófila con radicales $-OH$ y $-COOH$ que tienen afinidad por el agua y facilita su penetración en la dentina húmeda; y otra terminación hidrófuga con terminaciones $-HC=CH_2$ (el doble enlace le permite polimerizar con el adhesivo). La resina HEMA es responsable de mejorar la humectabilidad y promover la re-expansión del colágeno; y los solventes son capaces de desplazar el agua de la superficie de la dentina, preparando de esta manera la red de colágeno para la posterior infiltración de la resina adhesiva (“bond”).

Finalmente el tercer paso corresponde a la colocación del adhesivo propiamente dicho (“bond”) que contiene una resina hidrófuga como el BIS-GMA, y una pequeña cantidad de monómeros hidrófilos, no solo en los espacios intertubulares, sino también dentro de la dentina tubular.

La forma de aplicación de los diferentes sistemas adhesivos puede variar en función de la marca comercial. En las Figuras 7 a 11 se esquematizan los pasos principales de aplicación y en la Tabla 3 se pueden observar ejemplos comerciales de los mismos.

El “primer” y el “bond” pueden estar en envases separados (adhesivos de 3 etapas o de 4ta. generación) (Fig. 7) o presentarse en un mismo envase (adhesivos de 2 etapas o de 5ta. generación) (Fig. 8).

Una vez que los monómeros son infiltrados, ya sea en pasos sucesivos o simultáneos, se polimerizan in-situ y se integran a la estructura dentaria para formar la “capa híbrida” (zona de difusión o de interdifusión

de componentes resinosos -monómeros hidrófilos polimerizables- entre las fibras colágenas de la dentina superficial (parcialmente desmineralizada). La capa híbrida, combinada con los “tags de resina” en el interior de los túbulos, proporciona la retención micromecánica de las restauraciones de composite (Cardozo et al., 2011). Nakabayashi fue el primero en demostrar la formación de la capa híbrida en la dentina previamente grabada con ácido, y ha observado que los monómeros infiltrados y polimerizados in situ tienen buena adhesión a los sustratos dentarios con una resistencia adhesiva de 18 MPa (Nakabayashi et al., 1982).

La combinación de los componentes en un solo envase, transforma a la técnica en más simple pero con una disminución en la capacidad de infiltrar la dentina desmineralizada, lo que genera una hibridización subóptima. Otro inconveniente

Solobond Plus (Voco) 4 ^{ta} gen.	1) Aplicar ácido fosfórico 15 s 2) Lavar 20 s 3) Secar 4) Colocar el Primer frotando 30 s 5) Aplicar aire 5 s 6) Colocar el Adhesivo frotando 15 s 7) Aplicar aire 8) Fotopolimerizar 20 s	Optibond SOLO Plus (SDS/Kerr) 6 ^{ta} gen.	1) Colocar adhesivo frotando 15 s 2) Aplicar aire 5 s 3) Fotopolimerizar 20 s 4) Colocar adhesivo frotando 15 s 5) Aplicar aire 5 s 6) Fotopolimerizar 20 s
Single Bond 2 (3M Espe) 5 ^{ta} gen.	1) Aplicar ácido fosfórico 15 s 2) Lavar 10 s 3) Secar 4) Colocar 2 o 3 capas de adhesivo frotando 15 s 5) Aplicar aire 5 s 6) Fotopolimerizar 10 s	Futurabond NR (Voco) 7 ^{ta} gen.	1) Mezclar 5 s (1 gota de cada frasco) 2) Colocar adhesivo frotando 20 s 3) Aplicar aire 5 s 4) Fotopolimerizar 10 s
Prime&Bond 2.1 (Dentsply) 5 ^{ta} gen.	1) Aplicar ácido fosfórico 15 s 2) Lavar 3) Secar 4) Colocar adhesivo frotando 20 s 5) Aplicar aire 5 s 6) Fotopolimerizar 10 s 7) Colocar 2da capa de adhesivo 8) Aplicar aire 5 s 9) Colocar composite	Xeno IV (Dentsply) 7 ^{ta} gen.	1) Colocar adhesivo frotando 15 s 2) Colocar 2da capa frotando 15 s 3) Aplicar aire 5 s 4) Fotopolimerizar 10 s

Tabla 3. Ejemplos de instrucciones de uso de sistemas adhesivos.

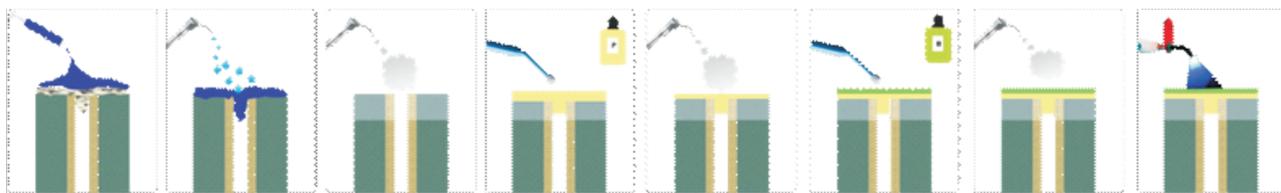


Figura 7. Pasos operatorios que ejemplifican el uso de sistemas adhesivos de grabado independiente multienvase (4ta. generación)

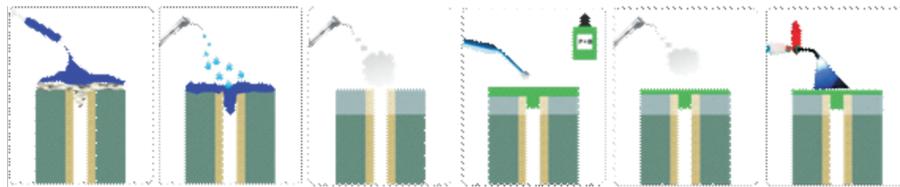


Figura 8. Pasos operatorios que ejemplifican el uso de sistemas adhesivos de grabado independiente monoenvase (5ta. generación)

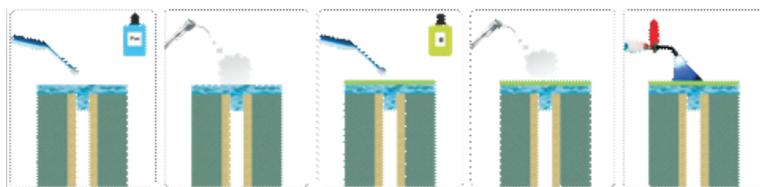


Figura 9. Pasos operatorios que ejemplifican el uso de sistemas adhesivos de autograbado multienvase (6ta. generación)

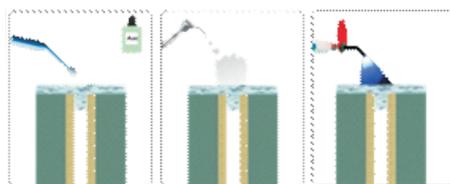


Figura 10. Pasos operatorios que ejemplifican el uso de sistemas adhesivos de autograbado -con mezcla- (7ma. generación)

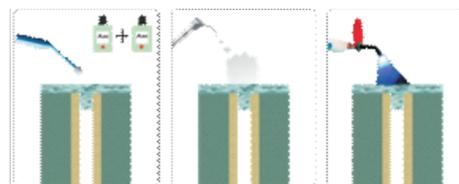


Figura 11. Pasos operatorios que ejemplifican el uso de sistemas adhesivos de autograbado -sin mezcla- (7ma. generación)

encontrado es que la naturaleza hidrófila de estos sistemas “monoenvase” los hace más propensos a la absorción de agua, y por consiguiente, más susceptibles a la degradación hidrolítica (Van Meerbeek et al., 2005).

En estudios *in vitro* se ha observado que la resina no es capaz de infiltrar completamente en profundidad la dentina desmineralizada por el grabado ácido, generando espacios –“huecos”-, que dejan colágeno expuesto sin protección, y por lo tanto, más susceptible a sufrir degradación (hidrólisis) en el tiempo. La activación de las metaloproteinasas/metaloproteasas de la matriz juega un papel clave en este mecanismo. Asimismo, si el adhesivo no penetra en los túbulos abiertos, el paciente podrá presentar sensibilidad post-operatoria debido a la imposibilidad de evitar la extravasación del fluido intracanalicular hacia el exterior, estimulando de esta manera permanentemente las terminaciones nerviosas que rodean la prolongación de los odontoblastos.

2) Sistemas adhesivos de autograbado o autocondicionantes (“self-etch”)

Los sistemas adhesivos de autograbado probablemente fueron impulsados por la demanda del mercado de simplificar los pasos operatorios; aunque los clínicos han demostrado cierta preocupación en que esto no sacrifique la resistencia y la calidad de unión al esmalte y/o dentina.

A diferencia de los sistemas de grabado independiente, éstos contienen ácidos débiles en baja concentración y monómeros ácidos que simultáneamente graban e impregnan el sustrato dental, por lo que el barro dentinario y la hidroxiapatita disuelta quedan incorporados en la capa híbrida. Este procedimiento adhesivo disuelve el barro dentinario (“smear layer”), no lo elimina, por lo que todos los productos disueltos forman parte de la capa híbrida, de menor espesor, la cual no está conformada por dentina desmineralizada. El agua es un componente esencial en estos adhesivos para generar los iones de hidrógeno necesarios para producir una efectiva desmineralización del barro dentinario y los tejidos duros (Ohno et al., 1998).

Algunos autores recomiendan el grabado selectivo, con ácido fosfórico, del esmalte de los márgenes de la cavidad, seguido de la aplicación del sistema adhesivo de autograbado en esmalte y dentina (Van Meerbeek et al., 2011).

Se pueden considerar estas dos ventajas de los sistemas de autograbado: 1) infiltración completa y uniforme, debido a que la desmineralización y la infiltración de la resina ocurren en simultáneo; 2) no

hay riesgo de que las fibras colágenas se deshidraten y colapsen ya que no se requieren las etapas de lavado y secado (Aguilera et al., 2001).

Una de las formas de presentación de los sistemas adhesivos de autograbado corresponde a un envase del “primer autocondicionante” y un segundo envase que corresponde al “bond” (adhesivos de dos etapas con autocondicionamiento o de 6ta. generación) (Fig. 9). Posteriormente surgieron los adhesivos de una sola etapa, los cuales pueden requerir la mezcla de dos compuestos antes de su utilización, por lo que se presentarán en dos envases (Fig. 10), los cuales son considerados, teóricamente, los de mayor tiempo de vida útil (Van Meerbeek et al., 2011). Otros se presentan en un solo envase sin necesidad de mezcla (adhesivos de una etapa o de 7ma. generación) (Fig. 11).

A su vez, muchos autores clasifican los sistemas adhesivos autocondicionantes de acuerdo al grado de acidez de dichos monómeros en: a) fuertes (pH 1), b) intermedios (pH 1,5), c) débiles (pH 2).

SOLVENTE

Los sistemas adhesivos contienen un solvente, necesario para facilitar las etapas iniciales de su aplicación, ayudando a los monómeros del “primer” a penetrar en la dentina húmeda. Los solventes deben ser eliminados antes de su polimerización. Los solventes utilizados en las formulaciones de los adhesivos son: acetona, alcohol (etanol) y agua, siendo éste último el menos volátil.

Aquellos sistemas adhesivos que contienen agua o etanol como solventes evitan una excesiva deshidratación de la dentina provocando de esta manera un colapso menor de la trama colágena y facilitando de esta manera la óptima infiltración de dicho adhesivo.

CONSIDERACIONES PARA LA MANIPULACIÓN DE ADHESIVOS

- Realizar la elección del sistema adhesivo en función del caso clínico (tipo de tejido y profundidad).
- Utilizar materiales que tengan indicaciones precisas de uso.
- Seleccionar materiales con aprobación de ANMAT (Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica).
- Leer y respetar las indicaciones del fabricante.
- Almacenar los envases protegidos de la luz y el calor (en caso de almacenar en refrigerador, considerar que al momento de la utilización debe estar a temperatura

ambiente).

·Mantener los envases correctamente cerrados para evitar la evaporación del solvente y la fotoactivación de los monómeros.

·Agitar el envase antes de utilizar.

·Abrir el frasco en el momento inmediatamente previo a su utilización.

·En el caso de los sistemas de grabado independiente, se debe tener especial cuidado en la eliminación del agua utilizada durante el lavado del ácido, ya que el secado en exceso puede provocar el colapso de las fibras colágenas, lo que generaría dificultad en la impregnación de las mismas. Por otro lado, su insuficiente eliminación generaría un perjuicio mayor.

·Dosificar directamente sobre un aplicador descartable, y en el caso de los sistemas adhesivos que requieren su mezcla antes de la manipulación, dosificar en un recipiente destinado a tal fin en el instante previo a su utilización.

·No se debe impregnar el aplicador con adhesivo que se encuentre en la tapa ni en la rosca del frasco.

·Aplicar tantas capas como indique el fabricante.

·Verificar la potencia de la unidad de curado periódicamente.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilera AM, Guachalla J, Sierra M, Valenzuela V. *Sistemas Adhesivos de Autograbado*. Revista Dental de Chile 2001; 92 (2):23-28.

De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, et al. *A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results*. J Dent Res 2005;84:118-132.

Garone Filho W. *Evolución de los sistemas adhesivos poliméricos*. In: *Adhesión en odontología restauradora*. Henostroza HG, editor. Editora MAIO 2003. p. 113-138.

Garone Filho W. *Evolución de los sistemas adhesivos poliméricos*. In: *Adhesión en odontología restauradora*. 2da. Edición. Henostroza HG, editor. Ripano S.A. 2010. p. 139-138-171.

Gómez de Ferraris ME, Campos Muñoz. *Complejo dentino-pulpar II: dentina*. In: *Histología, Embriología e Ingeniería Tisular Bucodental*. 3era. Edición. Editorial Médica Panamericana 2009. p. 255-290.

Gómez de Ferraris ME, Campos Muñoz. *Esmalte*. In: *Histología, Embriología e Ingeniería Tisular Bucodental*. 3era. Edición. Editorial Médica Panamericana 2009. p. 291-332.

Maravankin F. *Restauraciones directas adheridas*. In: *Adhesión en odontología restauradora*. Henostroza H G, editor. Editora MAIO 2003. p. 195-225.

Nakabayashi N, Kojima K, Masubara E. *The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates*. J Biomed Mater Res. 1982 May;16(3):265-73.

Obno H, Kimura M, Fuchigami S, Oguri M. *Dental composition*. United States Patent number 5,739,177; April 14, 1998.

Pallesen U, van Dijken JW, Halcken J, Hallonsten AL, Höigaard R. *A prospective 8-year follow-up of posterior resin composite restorations in permanent teeth of children and adolescents in Public Dental Health Service: reasons for replacement*. Clin Oral Investig [on line] 2013 Jul 20.

Pashley D, Tay F, Breschi L, Tjäderhane L, Carvalho R, Carrilho M, Tezvergil-Mutluay A. *State of the art etch-and-rinse adhesives*. Dent Mater 2011;27:1-16.

Uribe Echevarría J. *Capa de hibridación dentina-resina. Es una adhesión efectiva?*. *Odontología Clínica a Fines del Milenio*. Editorial Kent Von Dürent. 1997; Córdoba. Argentina. 1997; (29): 229-241.

Uribe Echevarría J. *Adhesión a esmalte y dentina con adhesivos poliméricos*. In: *Adhesión en odontología restauradora*. 2da. Edición. Henostroza H G, editor. Editora Ripano 2010. p. 89-135.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Prof. Dra. Andrea E. Kaplan y a la Prof. Dra. Patricia Mandalunis por la revisión de contenidos.

Dirección para correspondencia:
Cátedra de Materiales Dentales, Facultad de Odontología,
Universidad de Buenos Aires.
Marcelo T. de Alvear 2142, Piso 3º A (C1122AAH)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
agarrofe@odon.uba.ar