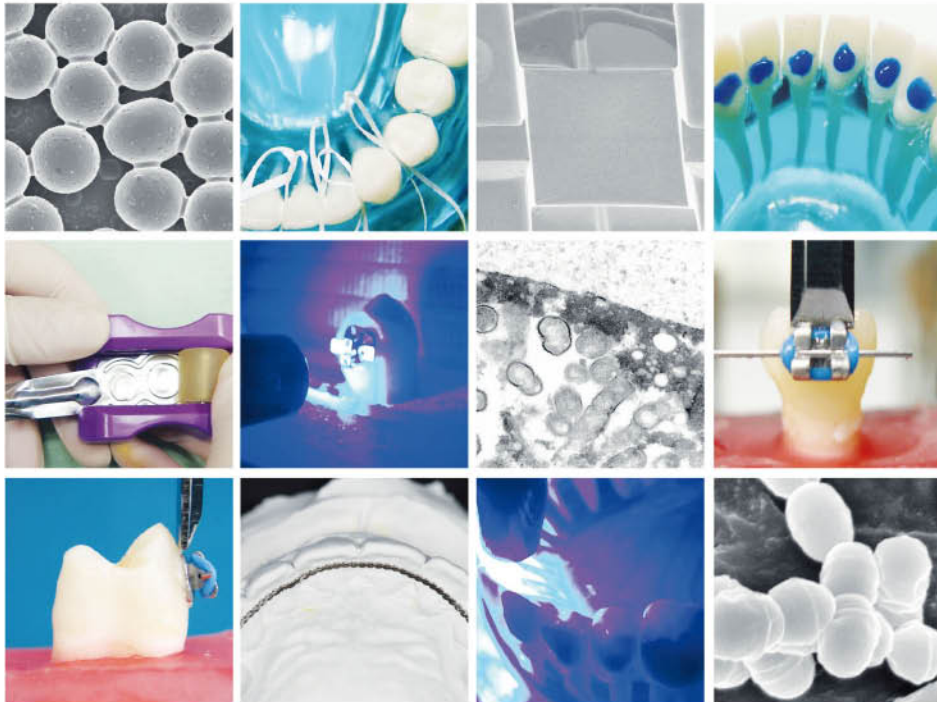


Adhesión contemporánea *en* Ortodoncia: Principios clínicos basados *en* evidencia científica



Rogelio José Scougall Vilchis

Adhesión contemporánea
en **Ortodoncia: Principios**
clínicos basados
en **evidencia científica**



Dr. en Ed. Alfredo Barrera Baca
Rector

Dr. en C. I. Amb. Carlos Eduardo Barrera Díaz
Secretario de Investigación y Estudios Avanzados

Dra. en C.S. Edith Lara Carrillo
Directora de la Facultad de Odontología

Dr. en O. Rogelio José Scougall Vilchis
Coordinador del CIEAO

Mtra. en Admón. Susana García Hernández
*Directora de Difusión y Promoción de la Investigación
y los Estudios Avanzados*

L.L.L. Patricia Vega Villavicencio
Jefa del Departamento de Producción y Difusión Editorial

Adhesión contemporánea *en* Ortodoncia: Principios clínicos basados *en* evidencia científica

Rogelio José Scougall Vilchis



Adhesión contemporánea en Ortodoncia: Principios clínicos basados en evidencia científica

Primera edición: junio, 2018

ISBN UAEM: 978-607-422-943-1

ISBN EÓN: 978-607-8559-39-8

© Universidad Autónoma del Estado de México
Instituto Literario núm. 100 Ote.
C.P. 50000, Toluca, México
<<http://www.uaemex.mx>>

© Ediciones y Gráficos Eón, S.A. de C.V.
Av. México-Coyoacán núm. 421
Col. Xoco, Deleg. Benito Juárez
México, Ciudad de México, C.P. 03330
Tels.: 56 04 12 04, 56 88 91 12
<administracion@edicioneseon.com.mx>
<www.edicioneseon.com.mx>

La presente investigación fue sometida a dictamen en el sistema de pares ciegos externos.

Proyecto realizado con financiamiento de la Secretaría de Educación Pública-Subsecretaría de Educación Superior-Dirección General de Educación Superior. Número de convenio con la SEP: 2017-15-001-017.

El contenido de esta publicación es responsabilidad del autor.

En cumplimiento del Reglamento de Acceso Abierto de la Universidad Autónoma del Estado de México, la versión electrónica de esta obra se pone a disposición del público en el repositorio de la UAEM <<http://ri.uaemex.mx>> para su uso en línea con fines académicos y no de lucro, por lo que se prohíbe la reproducción parcial o total, directa o indirecta del contenido de esta presentación sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito de los editores, en términos de lo así previsto por la *Ley Federal del Derecho de Autor* y, en su caso, por los tratados internacionales aplicables.

Hecho en México

Contenido

9	Introducción
13	Generalidades de adhesión en Ortodoncia
13	Adhesión en Ortodoncia
16	Sistemas adhesivos
26	Evolución de la adhesión en Ortodoncia
30	Adhesión directa vs. indirecta
33	Resistencia al descementado de brackets ortodóncicos
36	Brackets metálicos
50	Brackets estéticos
67	Índice de Adhesivo Remanente (ARI)
77	Resistencia al descementado de aditamentos ortodóncicos
77	Botones linguales y accesorios
83	Adhesión directa de tubos vs. cementado de bandas
89	Resistencia al descementado de retenedores adheridos o fijos
89	Tipos de retenedores
91	Protocolo de adhesión de retenedores fijos
101	Otras aplicaciones de la adhesión en Ortodoncia
101	Superficies atípicas y restauraciones
107	Adhesión de topes y zonas de alivio
109	Descementado de aditamentos ortodóncicos y pulido de la superficie del órgano dentario
109	Descementado
110	Pulido y tratamiento de la superficie del esmalte

115	Conclusiones
117	Glosario
121	Referencias bibliográficas

Introducción

El presente libro contiene la información científica obtenida de los resultados de un trabajo de investigación cuyo desarrollo se extendió por aproximadamente 15 años en el área de adhesión para anclajes de prescripción ortodóncica. Dentro de los objetivos más importantes que presenta esta obra destaca el conocimiento adquirido con experimentos reproducibles de acuerdo con los estándares de pruebas adhesivas reportadas en la literatura relevante, las cuales son de interés para la comunidad que ejerce la Ortodoncia; además, esa aplicación clínica de los nuevos conocimientos desarrollados completa el esfuerzo científico encaminado al progreso y beneficio de la población en general.

En el apartado titulado "Generalidades de adhesión en Ortodoncia" se describen *grosso modo* algunos conceptos básicos de adhesión, así como algunas propiedades físicas determinantes en los procedimientos contemporáneos de adhesión.

Cualquier procedimiento adhesivo sobre la superficie del esmalte requiere que el tejido sea acondicionado; generalmente, se aplica un ácido para producir microretenciones. En este contexto,

se muestra brevemente la estructura del esmalte, pues este tejido es el más importante durante los procedimientos de adhesión en Ortodoncia; así como también los efectos de los sistemas adhesivos, las propiedades y sus componentes, entre otros aspectos.

Por otro lado, las resinas compuestas son consideradas materiales con una gran versatilidad debido a sus propiedades. Existen diferentes clasificaciones de las resinas compuestas y distintos usos en el ámbito odontológico, por ejemplo, las usadas para los tratamientos de Ortodoncia; éstas se describen a detalle en este apartado.

Se ha demostrado que el grabado convencional con ácido fosfórico puede dañar la superficie del esmalte; por lo anterior, la aplicación de los agentes de autograbado ayuda de manera importante a mantener el esmalte sano, incluso después de retirar la aparatología ortodóncica fija. En este apartado se presenta también la evolución de la adhesión en Ortodoncia y se analiza el mecanismo para adherir anclajes ortodóncicos utilizando agentes de autograbado. Por último, también se describen los procedimientos para la adhesión de

la aparatología en Ortodoncia de manera directa e indirecta.

En el apartado “Resistencia al descementado de brackets ortodóncicos”, se resumen diversos estudios realizados con diferentes tipos de materiales dentales como sistemas adhesivos y/o brackets. Se describen los procedimientos de adhesión para brackets con sistemas convencionales y sistemas de autograbado, tanto en brackets metálicos como en estéticos. Se analizan los resultados para medir la resistencia al descementado y se destacan las mejores alternativas para su aplicación clínica de acuerdo con los valores obtenidos y niveles de significancia estadística.

Independientemente del tipo de aparatología (metálica o estética), se requiere el bienestar total del paciente; es decir, que el tratamiento sea adecuado y lo más conservador posible. En esta línea, es importante evaluar la cantidad de adhesivo residual (ARI) presente en el diente posterior al descementado de los brackets, siendo de gran importancia para la salud bucal del paciente, pues si el diente presenta una gran cantidad de adhesivo en el esmalte, se puede generar mayor adherencia microbiana, lo cual puede provocar desmineralización, pigmentación y pérdida de la estructura dentaria. En este apartado se muestran imágenes de los análisis hechos en resinas compuestas diseñadas para uso exclusivo en Ortodoncia, midiendo la

adherencia microbiana para discutir la significancia estadística de los valores registrados.

Asimismo, en “Resistencia al descementado de aditamentos ortodóncicos”, se describen las pruebas y los resultados encontrados en algunos de los diversos aditamentos utilizados de manera rutinaria en los tratamientos de Ortodoncia; además de los brackets, los aditamentos más comúnmente utilizados son los tubos adheribles para molares, las bandas ortodóncicas, los botones linguales y los auxiliares para crear rampas de mordida.

Los botones linguales y las rampas de mordida son auxiliares comúnmente utilizados en el tratamiento de Ortodoncia. Por ello, se describe a profundidad la fabricación de rampas de mordida, así como las indicaciones clínicas para su uso, el procedimiento adhesivo y los resultados de pruebas de resistencia al descementado de ambos. Hasta el momento, existe información escasa al respecto y en este capítulo se proporcionan los valores numéricos obtenidos con los procedimientos y materiales evaluados durante algunos proyectos de investigación, proporcionando a los lectores el respaldo científico fundamentado con resultados y significancia estadística.

El uso de bandas ortodóncicas disminuyó drásticamente al mejorar los procedimientos adhesivos; de cualquier manera, son necesarias en casos espe-

cíficos. En este sentido, es importante conocer los efectos adversos al colocar bandas ortodóncicas, entre los cuales se pueden observar: microfiltración, acúmulo microbiano, desmineralización, caries y destrucción dental. Actualmente la adhesión directa de tubos ortodóncicos es el procedimiento de elección por los ortodoncistas, pero hay otro procedimiento recomendado para la adhesión de los tubos para molares.

En el apartado "Resistencia al descementado de retenedores adheridos o fijos", se detallan los procedimientos y se muestran los resultados con valores numéricos y significancia estadística de la adhesión de los retenedores linguales. Este procedimiento es muy importante, ya que después de retirar la aparatología fija, se comienza otra etapa del tratamiento ortodóncico, llamada "fase de contención o retención", la cual sirve para prevenir recidivas de los problemas de maloclusión. Los objetivos de la fase de contención se logran con la colocación de aparatos removibles, fijos o la combinación de ambos.

Aquí se muestra el protocolo de adhesión para retenedores fijos, también se describe el estudio realizado para evaluar la resistencia al descementado con el uso de diferentes resinas y adhesivos, así como los resultados obtenidos y la importancia que existe al desproteínizar la superficie del esmalte con hipoclorito de sodio.

En el apartado "Otras aplicaciones de la adhesión en Ortodoncia", se describen aspectos necesarios para el buen funcionamiento del adhesivo, pues no todos los pacientes presentan una superficie de esmalte adecuada para la adhesión de brackets u otros aditamentos necesarios durante un tratamiento ortodóncico. Las causas podemos encontrar diferentes condiciones, como restauraciones, superficies dañadas o atípicas, por lo cual es necesario acondicionar estas superficies para lograr el éxito deseado en el procedimiento de adhesión.

También se mencionan algunas consideraciones para casos específicos, como por ejemplo el uso de un microarenador para el tratamiento de la superficie de esmalte que presenta fluorosis; el uso de un electrobisturí para el retiro de la encía en dientes parcialmente erupcionados, donde es necesario adherir algún aditamento. En pacientes adultos que presentan restauraciones con coronas se recomienda un procedimiento adhesivo especial para cada caso, todo se revisa en detalle a lo largo de este apartado. Cualquier procedimiento de adhesión requiere limpieza y orden para lograr el mejor resultado; la sangre y la saliva son los contaminantes más comunes, por ello, se recomienda tomar las medidas necesarias para conseguir un tratamiento eficiente.

Por último, se presentan algunas recomendaciones de materiales dentales

utilizados en ortodoncia, para aplicarlos en situaciones clínicas específicas, como casos de mordida profunda, pistas oclusales, topes en los arcos de alambre o zonas de alivio en alambres y/o ligaduras.

En el apartado "Descementado de aditamentos ortodóncicos y pulido de la superficie del órgano dentario", se describen los procedimientos clínicos recomendables, pues resulta de igual importancia el cementado de aditamentos como el descementado. Cuando el problema de maloclusión ya está corregido (como se mencionó en el apartado intitulado "Otras implicaciones de la adhesión en Ortodoncia"), se inicia con la fase de contención o retención; para esto es necesario retirar la aparatología

fija y la superficie dental debe estar completamente limpia y pulida al alto brillo.

Dentro de este apartado se puntualiza el método para retirar la aparatología fija, así como algunas recomendaciones durante el procedimiento. Posteriormente, se procede al pulido del esmalte con el objetivo de obtener una superficie dental similar a la observada previamente al tratamiento ortodóncico; por ello se mencionan ciertas características para la preservación de la superficie del órgano dentario.

Al final de la obra se encuentra un resumen con las conclusiones más importantes para que el lector reflexione acerca de los procedimientos adhesivos.

Generalidades de adhesión en Ortodoncia

Adhesión en Ortodoncia

La Odontología adhesiva surgió en 1955 cuando el Dr. Michael G. Buonocore introdujo la técnica de grabado ácido a nuestra profesión. Por este gran avance, el Dr. Buonocore y sus colegas en Eastman Dental, Universidad de Rochester (Nueva York, EUA), son reconocidos como los padres de la Odontología adhesiva [Buonocore M. G., 1955]. Sin embargo, en 1949 el químico suizo Oskar Hagger desarrolló en una prestigiosa compañía de amalgamas dentales en Londres, el primer adhesivo monomérico llamado ácido glicero-fosfórico dimetacrilato (GPA) para adherir resinas acrílicas a la dentina.

A partir de este momento comenzaron a emplearse una serie de conceptos para estas técnicas aplicadas en el ámbito dental. Es decir, se denomina "fuerzas de adhesión" a las que tienden a unir moléculas de sustancias diferentes; mientras a las fuerzas que tienden a unir moléculas de la misma sustancia se les denomina "fuerzas de cohesión". La adhesión implica la existencia de interacciones atómicas o moleculares, de carácter químico, que pueden ser de distintos tipos. Los enlaces interatómicos son de carácter

fuerte y se basan en el intercambio de los electrones de las últimas capas de los átomos [Anusavice K. J., 2004; Cova J. L., 2010; Barceló F. H., Palma J. M., 2008; Hatrick C. D. *et al.*, 2012].

De manera general, existen tres tipos de enlaces: *iónico, covalente y metálico.*

La atracción entre moléculas es más débil y se basa en la atracción entre cargas de distinta polaridad. Pueden ser fuerzas de Van Der Waals, puentes de hidrógeno, fuerzas polares, quelación y/o fuerzas de dispersión.

En Odontología se utiliza con frecuencia el término adhesión para referirnos a uniones de tipo mecánico, donde éstas se pueden lograr por medio de microretenciones, con o sin interacción química entre los sustratos. Esta es, por ejemplo, la unión que se configura entre el esmalte grabado y la resina fluida que contiene el sistema de adhesivos dentinarios [Anusavice K. J., 2004; Cova J. L., 2010; Barceló F. H., Palma J. M., 2008; Hatrick C. D. *et al.*, 2012].

La adhesión directa de aparatos ortodóncicos sobre la superficie dentaria fue descrita por primera vez en 1965 [New-

man G. V., 1965]. Después de 52 años de evolución en materia de adhesión, los ortodoncistas cementan los anclajes ortodóncicos de manera rutinaria con sistemas adhesivos con base de resina compuesta o, en algunas ocasiones, con ionómero de vidrio. Dicho procedimiento ha sido simplificado de manera importante y es uno de los avances más significativos de la Ortodoncia durante las últimas décadas [D'Attilio M. et al., 2005].

Embriológicamente, el esmalte es derivado del ectodermo y se considera el tejido más duro del organismo. El esmalte o tejido adamantino cubre a manera de casquete a la dentina en su porción coronaria, ofreciendo protección al isosistema dentino-pulpar. El esmalte dental está construido por prismas mineralizados que lo recorren en todo su espesor, desde la conexión amelodentinaria a la superficie externa o libre en contacto con el medio bucal [Gómez de Ferraris M. y Campos A., 1999].

Dentro de las propiedades físicas del esmalte destacan su dureza pues, por tratarse del tejido más duro y mineralizado del cuerpo humano, presenta un valor de 5 en la escala de Mohs (es una escala de uno a diez que determina la dureza de ciertas sustancias) y equivale a la apatita. Es delgado por el cuello y aumenta su espesor en las cúspides del diente. El espesor máximo es de 2 a 3 mm (en molares y premolares), prote-

giendo al diente de las acciones abrasivas de la masticación (Figura 1).

El esmalte presenta escasa permeabilidad, es translúcido, el color varía entre un blanco amarillento a un blanco grisáceo, pero este color no es propio del esmalte, sino que depende de las estructuras subyacentes, en especial de la dentina. Presenta escasa elasticidad, por ello es un tejido frágil, con tendencia a las macrofracturas y/o microfracturas. El esmalte está constituido químicamente por una matriz orgánica (1-2%), una matriz inorgánica (95%) y agua (3-5%).

El conjunto de prismas del esmalte es la unidad estructural básica formando el esmalte prismático que constituye la mayor parte de esta matriz extracelular mineralizada. En la periferia de la corona y en la conexión amelodentinaria existe el denominado esmalte aprismático, en el cual la sustancia adamantina mineralizada no constituye ni configura prismas. Dentro de las unidades estructurales secundarias del esmalte se encuentran: líneas incrementadas de Retzius, penachos del esmalte, esmalte nudoso, conexión amelodentinaria, husos y laminillas del esmalte. La superficie del esmalte puede ser lisa o presentar finas crestas. Dichas crestas son el resultado de la terminación de las estrías de Retzius en la superficie del esmalte.

En una revisión histórica de las modificaciones ocurridas en el tratamiento

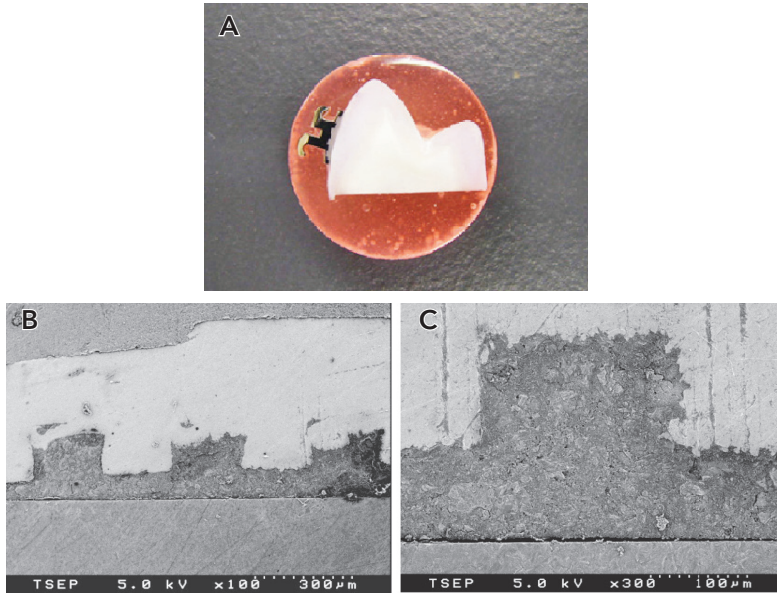


Figura 1. Imágenes de un corte transversal en un primer premolar inferior permanente con un bracket de acero inoxidable adherido en la superficie vestibular. A) Imagen del espécimen pulido al alto brillo con pasta diamantada de $1\mu\text{m}$. Nótese la unión amelodentinaria y el grosor del esmalte; B y C) Imágenes de Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) o por sus siglas en inglés SEM (Scanning Electron Microscopy) de la interfase esmalte-adhesivo. Allí se aprecia una línea de fractura entre ambos compuestos.

ortodóncico desde los brackets soldados a bandas metálicas, hasta los alineadores removibles transparentes confeccionados para mover órganos dentarios [Gange P, 2015], el autor hace mención de los cambios que han originado el progreso en la Ortodoncia, relacionados de manera importante al proceso de adhesión. Éstos van desde los adhesivos lentos y difíciles de manejar, haciendo una mezcla de polvo y

líquido que resultaba en un adhesivo débil, utilizado para cementar brackets de grandes dimensiones, hasta los adhesivos de una sola pasta que polimerizan muy rápido y se adhieren a la superficie del esmalte y de otros materiales, facilitando el tratamiento más estético en adultos gracias a la adhesión sobre dentina, amalgama, porcelana y zirconia, mediante el uso de iniciadores de nueva generación. Los adhesivos y

los selladores han tenido una evolución de más de 50 años, siendo el mayor obstáculo (desde el principio) la contaminación con la saliva, por lo que se han fabricado iniciadores hidrofílicos, siendo hasta ahora un ionómero de vidrio el material más efectivo para trabajar en un campo húmedo. Además, existe la demanda por parte de los pacientes de un tratamiento cada vez más estético; de este modo, aparecen aditamentos más pequeños que dificultan la función de los adhesivos. Por lo tanto, el adhesivo ideal para el futuro será aquel material hidrofílico que no requiera grabado ácido del esmalte y tenga valores de fuerza de adhesión o resistencia al descementado aproximadamente de 20MPa, tanto en ambiente húmedo como en seco.

El procedimiento de adhesión en Ortodoncia es tan importante que se realiza de manera rutinaria e indispensable en cada caso clínico donde se utilizan aparatos fijos, por lo cual es un tema de constante revisión bibliográfica [Yadav J., 2013].

Sistemas adhesivos

Un "sistema adhesivo" se emplea para el acondicionamiento de la superficie del esmalte y/o de la dentina (según sea el caso clínico), y para la adhesión química y/o micromecánica al esmalte, a la dentina y la adhesión química al material restaurador o al material cementante [Anusavice K. J., 2004; Cova J. L., 2010;

Barceló F. H., Palma J. M., 2008; Hatrick C. D. *et al.*, 2012].

El desarrollo de la adhesión a la estructura dental se encuentra en constante evolución, permitiendo practicar procedimientos odontológicos vanguardistas y conservadores.

Los requisitos más importantes que debe tener un biomaterial adhesivo son:

- Capacidad reactiva al calcio y al colágeno para producir una adhesión química a los tejidos duros del diente.
- Tensión superficial adecuada para humedecer la superficie y producir el fenómeno de capilaridad en las microretenciones.
- Baja viscosidad para que fluya en el interior de las microretenciones.
- Capacidad de polimerización con mínimos cambios dimensionales y en un corto periodo de tiempo.
- Resistencia adecuada para que no se produzca fractura cohesiva del material.
- Resistencia adhesiva elevada, debiéndose adquirir esta resistencia en el mínimo periodo de tiempo posible.
- Elasticidad y flexibilidad para que no se deforme permanentemente.
- Insoluble a los fluidos orales y ácido-resistente.
- Bactericida y bacteriostático, para eliminar los posibles gérmenes que hayan quedado inmersos en la preparación.

- Cariostáticos, mediante la liberación de flúor.
- Biocompatible.
- Fácil manipulación.

Desafortunadamente, en la actualidad no existe ningún adhesivo que cumpla con todos estos requisitos.

Dentro de los componentes de un sistema adhesivo destacan el agente grabador, el sellador o imprimador y el adhesivo (el cual puede contener monómeros hidrofílicos e hidrofóbicos). El imprimador y el adhesivo suelen incorporar en su composición otros productos para mejorar su comportamiento y sus propiedades. Algunos sistemas combinan el imprimador y el adhesivo en un solo componente.

La adhesión puede ser afectada por las características de los sustratos que se van a unir. Dentro de las propiedades físicas determinantes en los procedimientos de adhesión encontramos las siguientes:

Tensión y energía superficial: todos los átomos constituyentes de un cuerpo se encuentran atraídos y atraen a su vez a los átomos circundantes por medio de fuerzas electrostáticas. La compensación de unas fuerzas con otras hace que el interior de la masa esté en equilibrio. Los átomos en la superficie, al estar rodeados por otros átomos solamente en un lado, quedan con fuerzas

sin compensar; por lo tanto, mantienen una energía no contrarrestada en la superficie. En los líquidos, esta energía se denomina "tensión superficial", y en los sólidos, "energía superficial" [Anusavice K. J., 2004; Cova J. L., 2010; Barceló F. H., Palma J. M., 2008; Hatrick C. D. *et al.*, 2012].

Para que haya adhesión entre un líquido y un sólido debe existir un contacto entre las dos superficies; para ello, la tensión superficial del líquido debe ser menor a la energía libre del sólido.

Se denomina "humectación" a la capacidad de un líquido para mojar un sólido. Depende directamente de las energías superficiales de cada uno de los sustratos, pues la tensión superficial tiende a mantener el líquido en forma de gota, mientras la energía superficial del sólido tiende a extenderla. A mayor humectancia, mayor capacidad de mojar; ésta se valora por medio de una gota de líquido colocada sobre un sólido, midiendo el ángulo de contacto que forma la tangente de la gota con la superficie de éste. Cuanto mayor es dicho ángulo, menos extendida está la gota y menor es la humectancia.

El esmalte tiene un alto contenido en materia inorgánica y muy poco en agua, por lo cual tiene una energía superficial alta. Cuando se le trata con un ácido, se crean unas microporosidades que actúan como capilares.

La resina que va a adherirse a las estructuras dentales debe tener una tensión superficial y unas características de humectancia, capilaridad y fluidez para favorecer dicha unión.

Como se ha mencionado, en 1955 la técnica de grabado ácido del esmalte fue descrita y propuesta para aplicaciones odontológicas. No obstante, fueron necesarios 20 años aproximadamente para ser aceptada por el gremio. Dicha técnica revolucionó la Odontología y determinó el comienzo de la Odontología adhesiva.

La adhesión al esmalte requiere el pretratamiento de la superficie del esmalte con ácido. Para ello, se emplea el convencional ácido fosfórico en concentraciones que varían entre 15 a 40%, siendo la más común al 37%. De este modo, se consigue una adhesión resistente a las fuerzas de tracción.

Los prismas presentan diversos patrones de grabado, clasificados de manera diferente en la literatura (Figura 2). Una de las clasificaciones más aceptadas es la siguiente:

Patrón tipo I: El centro del prisma aparece erosionado, permaneciendo insoluble la periferia.

Patrón tipo II: La periferia de los prismas aparece erosionada y permanece insoluble la zona central. La existencia de

dichos patrones no está claramente explicada, aunque se relaciona con variaciones en la composición química de los prismas, sobre todo con posibles diferencias regionales en distintos órganos dentarios. En el año 2000 se propuso un sistema de clasificación sustentado en el mecanismo de adhesión utilizado, distinguiendo a los adhesivos en sistemas adhesivos convencionales, sistemas de ionómeros de vidrio y agentes adhesivos autograbadores.

Patrón tipo III: Se produce una erosión generalizada y se configuran imágenes que vagamente recuerdan la morfología prismática en escamas de pescado o en ojo de cerradura.

Sistemas adhesivos convencionales: a este grupo pertenecen los sistemas adhesivos que emplean la técnica de grabado total como mecanismo acondicionador de la estructura dental. El mecanismo de acción de estos sistemas se resume de la siguiente manera: previo acondicionamiento de la superficie del esmalte con una aplicación de ácido fosfórico al 37% durante 15 segundos, se lava con agua y se elimina el exceso de humedad, se aplica el adhesivo, el cual penetra en los poros creados por el ácido gracias a su baja tensión superficial, capacidad humectante y capilaridad. Al penetrar en las porosidades, forman los llamados macro y/o microtags de resina, los cuales son prolongaciones de la resina (principalmente del

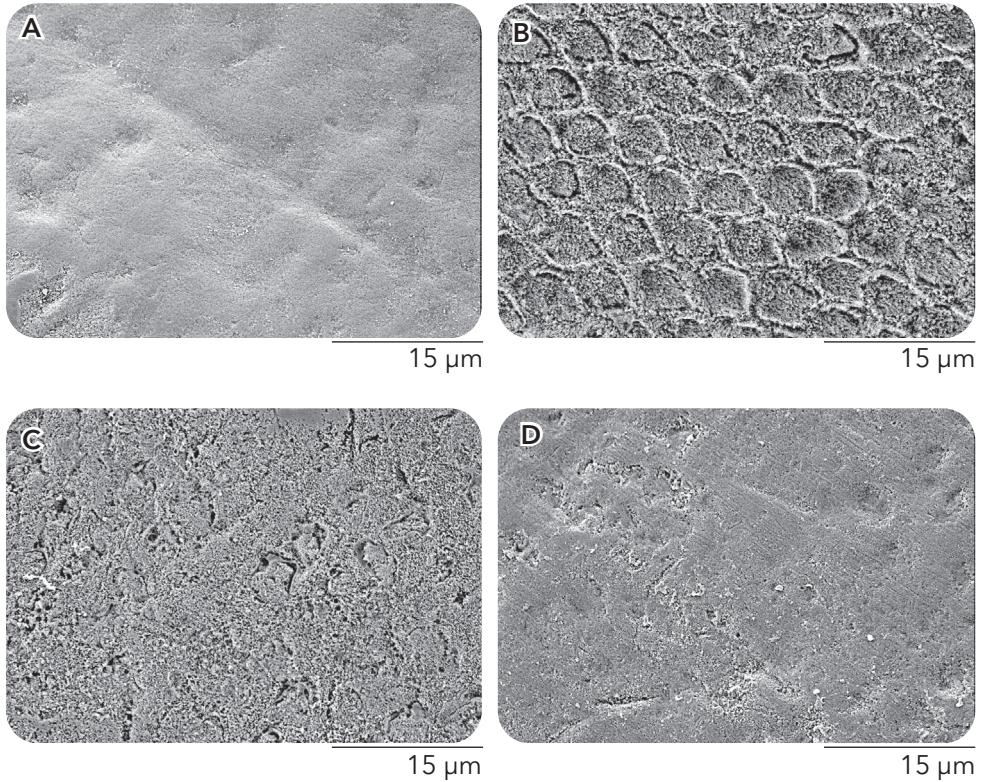


Figura 2. A) Esmalte sin grabado; B) Esmalte grabado con ácido fosfórico al 37%; C) Esmalte autograbado con Transbond Plus SEP, y D) Esmalte autograbado con primer "A" y "B" de BeautyOrtho Bond [Scougall Vilchis, R. J. *et al.*, 2007].

agente adhesivo) en los sitios de micro-retenciones creados por el acondicionamiento del ácido fosfórico (Figura 3).

Se ha demostrado que, debido a la composición homogénea del esmalte, su tipo de superficie y alta energía superficial, es posible obtener altos valores de fuerza de adhesión después de la aplicación del agente acondicionador, siendo estos valores siempre superiores a los obtenidos en la dentina, debido a las características especiales de dicho sustrato.

Autograbadores o acondicionadores que no necesitan lavado (por sus siglas en inglés NRC, Non Rinse Conditioner): ante los inconvenientes que derivan del lavado en la aplicación de la técnica convencional de grabado ácido, algunas casas comerciales han sacado al mercado productos que acondicionan el esmalte dental sin la necesidad de lavado, por lo cual se disminuye el riesgo de contaminación por saliva. Estos agentes grabadores contienen ácidos orgánicos y monómeros en una base acuosa. El ácido itatónico actúa como imprimador, se fotopolimeriza con el agente adhesivo utilizado posteriormente y sus grupos carboxílicos se adhieren al calcio de la superficie dental.

Los valores de resistencia al descementado o fuerza adhesiva son similares al comparar el uso de uno de estos pro-

ductos frente a la técnica de grabado convencional, con los beneficios añadidos de una menor cantidad de adhesivo remanente en la superficie del esmalte tras el descementado cuando se utiliza algún sistema de autograbado.

Además, las observaciones realizadas con el microscopio electrónico de barrido muestran un patrón de grabado más conservador al utilizar el autograbado en vez de la técnica convencional con ácido fosfórico.

Incluso con una aplicación prolongada de autograbador no se llegaron a destruir los prismas del esmalte y la fuerza adhesiva obtenida fue aceptable. Desde este punto de vista clínico, se podría considerar una posibilidad, el uso de estos acondicionadores para el cementado de brackets.

La necesidad de reducir el número de pasos clínicos y así disminuir las probabilidades de error en la manipulación y en la aplicación de los adhesivos dentales ha dado lugar al desarrollo de los sistemas de adhesivos de autograbado. Se basan en el uso de monómeros que incluyen grupos ácidos como ésteres de fosfato o ácidos carboxílicos, unidos a los componentes del imprimador. La función de los monómeros ácidos consiste en ejercer la acción del grabado ácido y del imprimador, produciendo la desmineralización de los tejidos den-

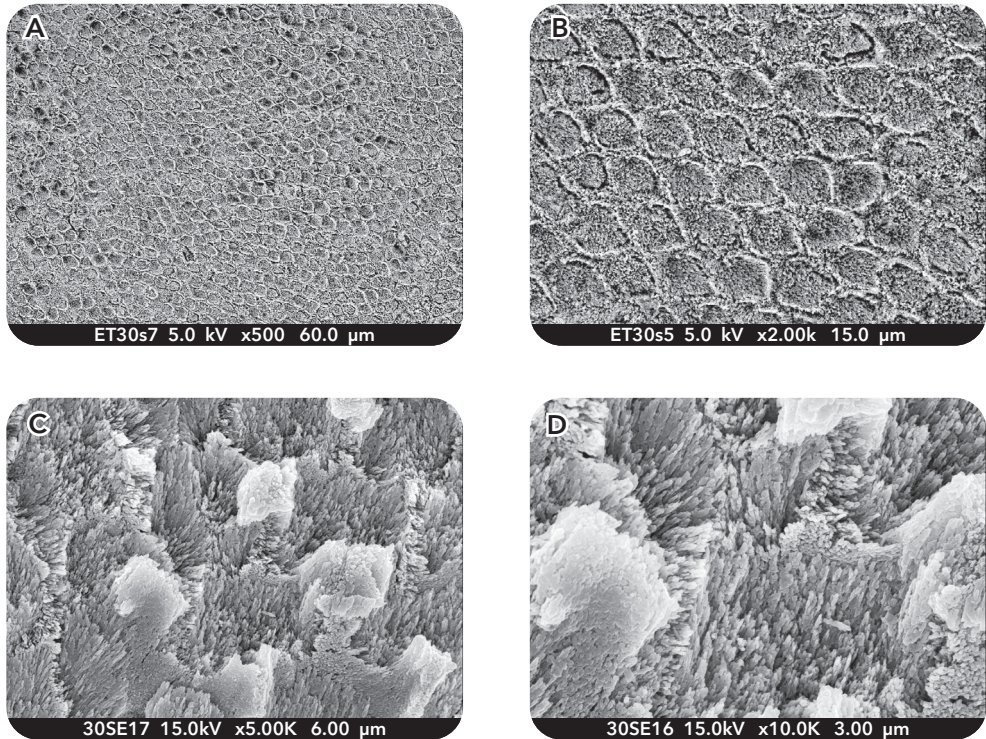


Figura 3. Imágenes representativas de esmalte grabado con ácido fosfórico al 37%, observadas con microscopía electrónica de barrido a diferentes magnificaciones. Nótese el efecto penetrante y microdestructivo de este agente acondicionador. A) Tamaño original aumentado 500 veces; B) Tamaño original aumentado 2,000 veces; C) Tamaño original aumentado 5,000 veces; D) Tamaño original aumentado 10,000 veces.

tales a la vez que humecta el sustrato y prepara los tejidos para la posterior infiltración de los monómeros de resina.

La primera generación de sistemas autograbadores se utilizaba siguiendo dos pasos clínicos. El primero consistía en la

aplicación de una sustancia acondicionadora no lavable sobre el tejido dental (ácido cítrico, maleico, nítrico), que después de actuar durante 15-30 segundos se inactivaba; en el segundo paso, se aplicaba el adhesivo propiamente dicho.

La segunda generación de adhesivos autograbadores son los denominados "todo en uno"; es decir, el agente acondicionador, el imprimador y el adhesivo se encuentran mezclados química y físicamente en un solo dispensador; por lo tanto, desde el punto de vista clínico, sólo existe un paso consistente en la aplicación directa de una o múltiples capas del autograbador sobre el tejido dental a tratar.

Estos sistemas adhesivos también han sido clasificados de acuerdo con la agresividad de los monómeros ácidos que contienen en "moderados", cuando la profundidad de la desmineralización que provocan es menor a $1\mu\text{m}$, la cual crea una superficie microporosa capaz de brindar una adecuada micro-retención; y "fuertes" (con un pH menor o igual a 1), los cuales poseen una alta capacidad desmineralizadora de los tejidos, similar a la conseguida con el sistema de grabado ácido.

Se afirma que el grabado previo a la aplicación del adhesivo de autograbado incrementa significativamente la efectividad de este último cuando se utiliza sobre el esmalte dental. Es decir, ratifican la importancia del ácido acondicionador sobre el esmalte. En este sentido, se ha demostrado la efectividad de un adhesivo autograbador de dos pasos en restauraciones de Clase V durante 5 años grabando previamente

el esmalte dental con ácido fosfórico al 40%.

Las resinas compuestas inicialmente fueron concebidas como materiales estéticos para la restauración del segmento anterior. Actualmente se consideran como un material universal, pues están indicadas para todo tipo, de restauración debido a que han mejorado sus propiedades (Figura 4).

Es un material orgánico sintético rígido e indeformable, conformado por una matriz orgánica (fase continua), que es precisamente una resina, un relleno inorgánico (fase dispersa) que da la resistencia y un agente de enlace (interfase), aplicado sobre la superficie de las partículas de relleno para integrarlas a la matriz orgánica.

En 1962 el Dr. Bowen realizó un estudio para mejorar las propiedades de las resinas acrílicas usadas para restauración, creando una molécula de naturaleza híbrida acrílica-epóxica, donde los grupos reactivos epóxicos terminales (oxiranos) se reemplazan por grupos metacrílicos; de ello resulta la molécula conocida como Bis-GMA (Bisfenol A diglicidil éter dimetilmetacrilato) o molécula de Bowen [Bowen R. L., 1962].

Dicha matriz está constituida en su mayoría por monómeros y comonómeros. Existen otros componentes como los re-

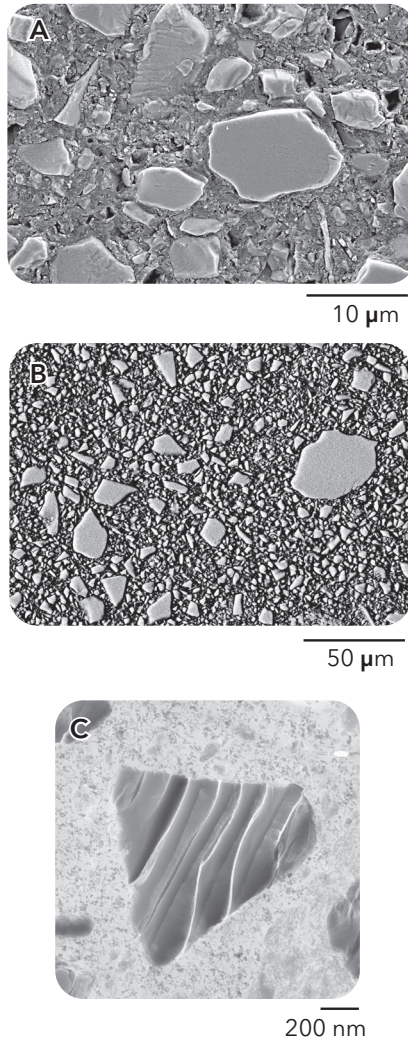


Figura 4. Imágenes representativas de la ultraestructura de una resina compuesta de prescripción ortodóncica (BeautyOrtho Bond, Shofu Inc., Kioto, Japón). A) Imagen de SEM con electrones secundarios; B) Imagen de SEM con electrones retrodispersados; y C) Imagen de Microscopía Electrónica de Transmisión (MET) o por sus siglas en inglés TEM (Transmission Electron Microscopy) [Scougall Vilchis, R. J. et al., 2008].

guladores de viscosidad, los cuales permiten la incorporación del relleno y una adecuada manipulación; los agentes reticulantes que permiten la formación de un retículo tridimensional irreversible, inhibidores e iniciadores de la polimerización, y por último, estabilizadores de color.

El relleno inorgánico es el encargado de reforzar y estabilizar la matriz de resina, mejorando las propiedades como la resistencia compresiva, resistencia tensional, dureza, resistencia a la abrasión, contracción y el coeficiente de expansión térmico durante la polimerización. Los materiales usados como refuerzo son el cuarzo fundido, vidrio de aluminio-silicato, vidrio de boro-silicato, silicatos de litio y aluminio, fluoruros de calcio, vidrios de estroncio, vidrios de zinc y zirconio.

El agente de enlace se utiliza para unir el relleno con la matriz de la resina. Con esto se logra que una sustancia utilizada como refuerzo actúe como tal, así el refuerzo tendrá unión química con la sustancia a la cual va a reforzar. En este contexto, para facilitar la unión entre dos fases químicamente diferentes, se utilizan agentes de enlace o acoplamiento. Esta unión debe ser fuerte, de lo contrario se produciría el desprendimiento de las partículas de vidrio y microfiltración en la interfase.

Las resinas compuestas pueden ser clasificadas de diversas maneras, las más aceptadas son la categorización cronológica y aquella según su densidad.

Clasificación cronológica. Tenemos hasta este momento seis generaciones de resinas compuestas:

Primera generación: se caracterizaron por una fase orgánica compuesta por Bis-GMA y un refuerzo con partículas en forma de esferas o prismas de vidrio, con un tamaño de 8 a 10 μ m en promedio. Mejoraron la resistencia al desgaste, pero no tenían buena capacidad de pulido y se pigmentaban rápidamente. En la actualidad ya no se cuenta con productos comerciales de esta generación.

Segunda generación: se aumentó el porcentaje de la fase orgánica. Es la generación de las resinas de micropartícula. Su tamaño oscila entre 0.05 a 0.1 μ m y son de diversas formas. La adición de estas micropartículas coloidales torna el material extremadamente viscoso y difícil de manipular; por ello se han creado formas de incorporarlas sin comprometer sus propiedades físicas. Con esta generación mejoraron la capacidad de pulido, pero disminuyó la resistencia al desgaste al tener que aumentar la proporción de matriz.

Tercera generación: corresponde a los híbridos, donde se incluyen en la fase

inorgánica diferentes tamaños de partículas de microrelleno con diferente composición química. La mezcla de diferentes tamaños de partículas mejora considerablemente la textura superficial y la capacidad de pulido, problema inherente a las primeras fórmulas, al no poder pulirse, ocasionando superficies rugosas aptas para el anclaje de pigmentos y placa.

Cuarta generación: corresponde al grupo de resinas compuestas, las cuales vienen en alto porcentaje de refuerzo inorgánico con base en vidrios cerámicos y también metálicos. Son las resinas compuestas para órganos dentarios posteriores.

Quinta generación: son resinas compuestas, prescritas para restauración del segmento posterior. Pueden ser utilizadas en forma indirecta, procesadas con calor y presión o combinaciones con luz, temperatura, presión, etcétera.

Sexta generación: son los sistemas contemporáneos llamados también "resinas compuestas microhíbridas" o de tipo universal.

Dentro de las características especiales de las resinas compuestas actuales, podemos mencionar la gran variedad y estabilidad de los colores, menor contracción de polimerización, baja absorción de agua, excelentes características de textura para lograr el pulido al alto

brillo, así como diferentes grados de opacidad y translucidez.

La clasificación de las resinas compuestas, según su densidad, se debe al porcentaje de la carga inorgánica o densidad que presentan, lo cual condiciona en gran medida las propiedades físico-mecánicas, como índice de desgaste, capacidad de pulido, módulo de elasticidad, contracción de polimerización y radiopacidad. Según su densidad, las resinas compuestas se clasifican en tres categorías: fluidas o de baja densidad, híbridas y microhíbridas o de mediana densidad y condensables o de alta densidad.

Las resinas fluidas o de baja densidad aparecieron a fines del año 1996 y poseen una fórmula similar a la de las resinas compuestas híbridas, pero con una concentración menor de partículas de relleno con tamaño reducido, lo cual brinda propiedades elásticas, bajo módulo de elasticidad, bastante flexibilidad y excelente capacidad de adaptación marginal y a los ángulos cavitarios por su gran escurrimiento. Son radiopacas, translúcidas, de fácil pulido y con alto índice de desgaste. Sin embargo, uno de sus principales inconvenientes radica en la contracción que sufren durante la fotoactivación. Dichas características las vuelven un material de elección para restauraciones preventivas y selladores de fosas y fisuras, constituyendo su principal indicación clínica. También

se aplicaron para el sellado superficial luego del regrabado final. Asimismo, son utilizadas como forro cavitario, por debajo de un sistema condensable, debido a su capacidad de escurrimiento y adaptación a las paredes cavitarias, en la restauración para cavidades clase III y pequeños defectos estructurales, así como en caso de abrasión cervical y como cementantes de carillas, férulas y retenedores ortodóncicos.

Las resinas híbridas y microhíbridas de mediana densidad tienen la denominación genérica de resinas compuestas híbridas, por estar conformadas por grupos poliméricos reforzados por una carga inorgánica de vidrios de diferente composición. Aunque algunas de estas partículas son considerablemente más grandes, dificultando su correcto acabado y pulido. Tienen un bajo índice de desgaste, alta elasticidad y resistencia a la fatiga, poca contracción de polimerización y son radiopacas.

Podrían también denominarse “universales” por la diversidad de uso. Se les indica para restauraciones de preparaciones cavitarias clase I de mínima extensión; restauraciones de preparaciones cavitarias clase II por tunelización horizontal, donde no está comprometido el reborde marginal; clase III simple, compuesta y compleja; clase IV, aunque es preferible darle el acabado final con un sistema microparticulado que facilite el pulido; restauraciones de cavidades clase V

producidas por caries, erosiones y abrasiones. También pueden utilizarse para restaurar lesiones de abrasión, previa colocación de un cemento de ionómero de vidrio (CIV) o una resina compuesta fluida, que posee un módulo elástico más parecido al de la dentina, y para restauraciones de preparaciones cavitarias de clase I y II en dientes temporales.

Es prudente mencionar que la mayoría de las resinas compuestas de prescripción ortodóncica para el cementado de brackets se encuentra clasificada como “de una densidad mediana”.

Las resinas condensables o de alta densidad son altamente resistentes al desgaste y a la fatiga, con alto módulo de elasticidad, haciéndolas comportarse como resinas rígidas además de presentar una adecuada radiopacidad. Están especialmente indicadas para reemplazar amalgamas, en preparaciones cavitarias de clase I y clase II por tunelización vertical, donde está comprometido el reborde marginal. Sirven para la reconstrucción de pilares protésicos y para preparaciones cavitarias de clase V en el sector posterior.

Evolución de la adhesión en Ortodoncia

La adhesión directa de brackets y aparatología fija ortodóncica, con sistemas adhesivos a base de resinas compuestas, es el método más utilizado hoy en

día por los ortodoncistas. No obstante, la aparición indeseable de lesiones incipientes de mancha blanca al término del tratamiento ortodóncico continúa siendo una de las secuelas más frecuentes y desagradables. En un esfuerzo por reducir o prevenir dicho efecto adverso, diversas compañías han producido adhesivos ortodóncicos con la propiedad de liberar y recargar iones de flúor, mientras se mantiene una adecuada resistencia al descementado [Scougall Vilchis, R. J. *et al.*, 2007]. Asimismo, se ha encontrado que el acondicionamiento tradicional del esmalte realizado con ácido fosfórico produce un patrón de grabado agresivo [Scougall Vilchis, R. J. *et al.*, 2008; 2009; 2010], lo cual causa una mayor pérdida de esmalte y promueve el desarrollo de lesiones incipientes de mancha blanca. Por lo anterior, nuevas alternativas como los agentes de autograbado fueron introducidos al mercado ofreciendo ventajas significativas para reducir la pérdida de esmalte y el tiempo de trabajo [Scougall Vilchis, R. J. *et al.*, 2008; 2009; 2010; Bishara S. E. *et al.*, 2001; Vicente A. *et al.*, 2005; Hosein I. *et al.*, 2004; Eminkahyagil N. *et al.*, 2006]. Los sistemas de autograbado son agentes de unión con biocomponentes hidrofílicos que permiten la difusión de monómeros mientras disuelven la hidroxiapatita de manera conservadora, resultando una zona de resina microinfiltrada [Trites B. *et al.*, 2004]. Se ha demostrado que, en condiciones normales, la prescripción de los agentes

de autograbado es la principal elección en procedimientos adhesivos de carácter ortodóncico, pues los aparatos son utilizados durante el tratamiento activo y una vez alcanzados los objetivos terapéuticos, los anclajes son retirados y la superficie del esmalte se pule tratando de regresarla a las condiciones iniciales. En contraste, los procedimientos adhesivos para restaurar órganos dentarios (operatoria dental y prótesis) tienen objetivos definitivos, y una acción menos conservadora de los acondicionadores puede ser aceptable en la mayoría de los casos, donde un incremento de la fuerza adhesiva es deseable para lograr una larga vida en las restauraciones. Es recomendable desproteinizar la superficie del órgano dentario con hipoclorito de sodio, durante un minuto, para promover un mejor patrón de grabado y lograr una fuerza de adhesión suprema.

En la Ortodoncia contemporánea el uso de los agentes de autograbado ayuda de manera importante para alcanzar una de las principales metas: tratar de mantener una superficie de esmalte sana e intacta después de retirar la aparatología ortodóncica fija [Bishara S. E. *et al.*, 2001; Trites B., Foley T. F., Banting D. 2004; Tecco S. *et al.*, 2005], teniendo como ideal una pérdida mínima de esmalte en cada etapa del tratamiento [Hosein I. *et al.*, 2004], [Kim M. J. *et al.*, 2005], [Bishara S. E. *et al.*, 2000]. La menor pérdida de esmalte ocurre cuando se emplea un adhesivo de autograbado

y el adhesivo remanente es retirado con una fresa de carburo de tungsteno a baja velocidad. El propósito general de este capítulo es describir y analizar el mecanismo para adherir anclajes ortodóncicos, utilizando agentes de autograbado y su impacto en la preservación del esmalte dental, logrando así una adhesión óptima para realizar los movimientos ortodóncicos mientras los anclajes se mantienen en su sitio sin presentar fallas adhesivas durante el tratamiento activo. Una vez alcanzados los objetivos del tratamiento, se deben retirar los aparatos sin complicaciones clínicas y sin lastimar la superficie del órgano dentario, para que pueda lucir una apariencia estética similar a la presentada antes de iniciar el tratamiento ortodóncico.

A finales de los años sesenta, se investigó la posibilidad de usar cementos de resina para la fijación directa de los brackets (sin bandas). En 1965 se desarrolló un método para el cementado directo de brackets a la superficie del esmalte dental sin necesidad de bandas ortodóncicas. El adhesivo consistía en un monómero líquido, metil-2-cianoacrilato y un relleno de silicato. Sólo los cuatro incisivos superiores y, en ocasiones, los caninos superiores se cementaban de esta manera; el resto de los dientes seguían siendo bandeados.

Entre las ventajas de la adhesión directa e indirecta de brackets destacan:

- Estética, rapidez, sencillez y simplicidad.
- Permite un ajuste más preciso, incluso en dientes incluidos.
- Ocasiona menos molestias al paciente que el cementado de bandas, el cual requiere separaciones interdentes previas y considerable presión durante su ajuste.
- Facilita la higiene dental y gingival del paciente, causando menos problemas periodontales que las bandas.
- Disminuye el riesgo de caries en relación con las bandas y mejora su detección y tratamiento precoz.
- Permite tratamientos complementarios como el contorneado gingival, el desgaste interdental o la operatoria dental con resinas estéticas al quedar libres las superficies linguales e interproximales de los dientes.
- No requieren separación interdental previa; por lo tanto, no alargan la longitud del arco como ocurre con las bandas, las cuales crean espacios que es necesario cerrar al final del tratamiento.

Sin embargo, a pesar de que los materiales de adhesión han evolucionado favorablemente en los últimos años, aún existen algunas limitaciones y desventajas en el cementado de brackets:

- Descementado frecuente de los brackets en la interfase esmalte-resina o

resina-bracket, por no existir suficiente unión adhesiva ante determinadas fuerzas de torsión, cizalla y tracción.

- Necesidad de descalcificación superficial previa del esmalte.
- Dificultad de mantener una buena higiene gingival y un preciso control de caries en las zonas interproximales.
- Dificultad de eliminar todo el adhesivo remanente y devolver la integridad estructural al esmalte una vez finalizado el tratamiento.
- El fracaso en la adhesión del bracket.

Un problema frecuente que debe abordar un clínico en Ortodoncia es el fallo en la adhesión de un bracket. Esta falla adhesiva tal vez se deba a la aplicación de fuerzas indeseables (cizalla, torsión, etc.) por parte del paciente, o a una técnica de adhesión inapropiada, bien sea por no utilizar el adhesivo adecuado, no seguir las instrucciones del fabricante, o bien porque se produzca una contaminación del campo operatorio durante el procedimiento adhesivo.

Una de las causas más frecuentes del fallo adhesivo temprano es la contaminación del campo operatorio por saliva, sangre o restos de ácido fosfórico o cualquier otro agente grabador. De todos ellos, el más perjudicial para el procedimiento adhesivo es la contaminación por sangre. Hay varios métodos para la remoción del adhesivo residual en la superficie del esmalte tras el descementado de un bracket. Las fresas

de carburo de tungsteno a alta o baja velocidad brindan una excelente suavidad en la textura superficial, pero dejan restos de adhesivo en la superficie del diente. Por otra parte, las fresas ultrafinas de diamante son más eficientes en la eliminación de los restos de adhesivo, aunque dejan la superficie del esmalte rugosa. En cualquier caso, ningún método se considera ideal: ambos pueden dejar restos de adhesivo o producir algún daño en el esmalte durante el fresado.

La simplificación del procedimiento adhesivo y la aceptación de los clínicos son causa de la variedad de sistemas de autograbado existentes actualmente en el mercado.

Dentro de la amplia gama de agentes de autograbado se encuentran aquellos que requieren ser fotopolimerizados, con una presentación comercial de uno o dos componentes, con propiedades antimicrobianas y de liberación de flúor [Scougall Vilchis, R. J. *et al.*, 2008; 2009; 2010]. Lo anterior es particularmente importante en Ortodoncia, pues puede ser una ventaja en aquellos pacientes con alto riesgo a desarrollar lesiones incipientes de mancha blanca y caries. Además, la aparatología es colocada temporalmente y se retira al término del tratamiento activo. Una vez que los anclajes han sido descementados, el clínico pretende recuperar la superficie de esmalte sana y tersa. Si la acción de los

agentes de autograbado es más gentil y conservadora, la prevención de lesiones incipientes de mancha blanca puede ser posible y la condición de la superficie del esmalte será mejor al retirar los aparatos [Scougall Vilchis R. J., 2010].

La versatilidad de los sistemas de autograbado permite utilizarlos exitosamente en la mayoría de las resinas compuestas de prescripción ortodóncica, principalmente aquellas depositarias de grandes cantidades de partículas de relleno [Scougall Vilchis R. J. *et al.*, 2008]. Las partículas de relleno se agregan a las resinas compuestas para mejorar sus propiedades físicas [Faltermeier A. *et al.*, 2006; 2007; Scougall Vilchis, R. J. *et al.*, 2009]. Está comprobado que los agentes de autograbado pueden ser utilizados indistintamente con la mayoría de las resinas compuestas de uso ortodóncico, entre las cuales destacan: Transbond XT, Tranbond CC (3M Unitek, Monrovia, EUA); Enlight, Blugloo (Ormco Corp., Orange, EUA); Light Bond (Reliance Orthodontic Products, Itasca EUA); Kurasper F. (Kuraray Medical, Tokio, Japón); BeautyOrtho Bond (Shofu Inc., Kioto, Japón) [Scougall Vilchis, R. J. *et al.*, 2010].

A pesar de las grandes ventajas que presentan los sistemas de autograbado en Ortodoncia, es importante recordar sus contraindicaciones. No se recomienda utilizar agentes de autograbado en lugares con alta concentración de fluoruro

en el agua de consumo, y mucho menos en pacientes con fluorosis. Tampoco se sugiere aplicar agentes de autograbado sobre superficies de esmalte atípicas o tratadas químicamente con agentes blanqueadores como el peróxido de carbamida, pues la resistencia al descementado puede disminuir y deberán emplearse métodos especiales en esos casos [Scougall Vilchis R. J., 2010].

Adhesión directa vs. indirecta

Ambos procedimientos cuentan con gran aceptación por parte de los ortodontistas; sin embargo, las preferencias están basadas en la práctica clínica cotidiana según los estilos y las necesidades de cada clínico o técnica a utilizar (Figura 5).

La adhesión directa de anclajes ortodóncicos es el método más utilizado a nivel internacional, el cual está condicionado a la experiencia y la precisión del operador. Por ello, en algunos casos el recementado o el reposicionamiento de los aditamentos son fundamentales para lograr corregir los problemas de maloclusión. Cuando el posicionamiento se hace de manera directa, se utiliza algún sistema convencional o de autograbado para la colocación indistinta de los brackets metálicos o estéticos, así como también de los aditamentos necesarios, entre los cuales destacan los tubos, botones linguales, pistas o rampas oclusales, entre otros.

Con el progreso de los materiales dentales de adhesión y las técnicas vanguardistas de autoligado, la precisión en el posicionamiento de los anclajes se ha convertido en un factor delicado para que la adhesión indirecta sea una alternativa, en la cual el ortodoncista cuente con mucho mayor tiempo para colocar de manera

estratégica los anclajes en un modelo de yeso, previniendo contaminación con los fluidos orales y teniendo como principal ventaja la visión en todos los sentidos, sin necesidad de utilizar técnicas de visión indirectas o, en su defecto, aparatos auxiliares como lupas o fuentes de iluminación especiales.

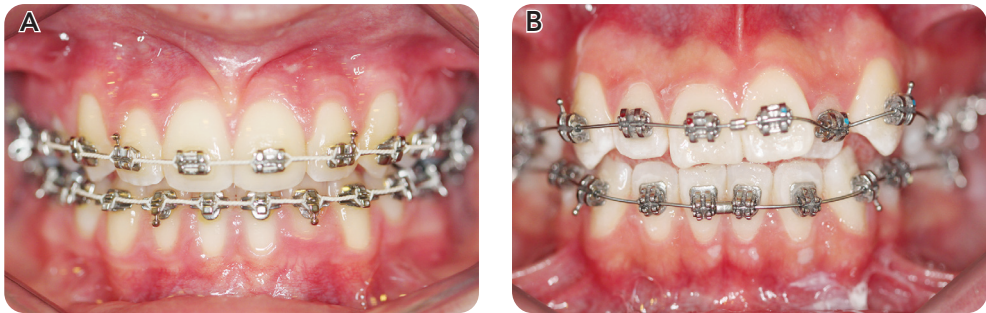


Figura 5. A) Brackets adheridos directamente con el método convencional; B) Aparatología ortodóncica fija de autoligado, adherida con el método indirecto.

En los procedimientos adhesivos indirectos se fabrica una cubeta transportadora, de material de impresión elastomérico o de acetato, dependiendo del tipo de polimerización que presente el material adhesivo. Existen materiales específicamente diseñados para dichas técnicas. Se ha demostrado que la adhesión indirecta presenta valores de resistencia al descementado significativamente inferiores a los obtenidos cuando la técnica directa es utilizada [Flores T. *et al.*, 2015]. Sin embargo, también ha sido señalado que el

uso de las técnicas para adhesión indirecta con diferentes sistemas adhesivos no afecta la cantidad de microfiltración debajo del bracket ortodóncico, por lo cual su aplicación en la práctica clínica es aceptable y segura [Öztürk F., 2016].

Como el método de adhesión directa es el más practicado en el ámbito internacional, en este libro se describirán los procedimientos directos utilizando sistemas adhesivos con base de resina compuesta.

Resistencia al descementado de brackets ortodóncicos

De acuerdo con reportes previos [Cehreli, Z. C. *et al.*, 2005; Cacciafesta V. *et al.*, 2005; Scougall Vilchis, R. J. *et al.*, 2009; Vicente A. *et al.*, 2006], los estudios *in vitro* presentan varias limitantes que deben ser cuidadosamente identificadas por los ortodoncistas. La gran diversidad de las condiciones para evaluar la resistencia al descementado mostró una amplia variación en los resultados y la comparación de los valores puede ser complicada [Vicente A. *et al.*, 2006]. Entre los factores que influyen en los resultados de la resistencia al descementado encontramos el tipo de dientes seleccionados, es decir, humanos o vacunos [Oesterle L. J. *et al.*, 1998], la irregularidad anatómica de las superficies bucales de los premolares humanos [Murray S. D., Hobson R. S., 2003], el equipo utilizado para fotopolimerizar los adhesivos [Cacciafesta V. *et al.*, 2005; Oesterle L. J. *et al.*, 2002; Peterson S. M. *et al.*, 2006; Pandis N. *et al.*, 2007], así como el tiempo de fotopolimerización [James J. W. *et al.*, 2003], el tipo de bracket [Zinelis S. *et al.*, 2005] y las características de sus bases [Cozza P. *et al.*, 2006; Soderquist S. A. *et al.*, 2006], el tiempo de almacenamiento de la muestra previo a la prueba [Chitnis D. *et al.*, 2006], el procedimiento de termociclado [Scougall Vilchis, R.

J. *et al.*, 2010], la dirección [Klocke A., Kahl-Nieke B., 2006] y el modo de medir la fuerza (Figuras 6 y 7) [Katona T. R., Long R. W., 2006; Gibb A. J., Katona T. R., 2006; Mojtahedzadeh F., 2006]. Por lo anterior, es recomendable considerar el comportamiento de los adhesivos ortodóncicos en las circunstancias específicas en que éstos han sido evaluados, con un agregado: la resistencia al descementado evaluada *in vitro* resultó ser significativamente mayor a la evaluada *in vivo* [Hajrassie M. K., Khier S. E., 2007; Hildebrand N. K. *et al.*, 2007].

Por otra parte, en un estudio relativamente reciente, se demostró que las propiedades de flexión de los adhesivos ortodóncicos, al igual que los métodos de pretratamiento del esmalte, no afectan el comportamiento de descementado de los brackets metálicos, y eso incluye la fractura del esmalte [Kim Y. K. *et al.*, 2015]. En dicho estudio se midió la resistencia a la flexión y el módulo de flexión de tres diferentes sistemas adhesivos, con una prueba de doblado en tres puntos. Cementaron brackets metálicos a premolares humanos pretratados con la técnica de grabado total con ácido fosfórico o un adhesivo de autograbado. En general, las resinas compuestas

de prescripción ortodóncica son más flexibles; por ello, evitan el daño sobre el esmalte dental durante el descementado de brackets metálicos.

La influencia de diferentes velocidades sobre la prueba de resistencia al descementado *in vitro* e índice de adhesivo remanente ha sido estudiada por un grupo de reconocidos científicos [Shooter K. J. *et al.*, 2012]. Para aquella investigación, utilizaron el mismo sistema adhesivo de prescripción ortodóncica en 100 brackets para molares, adheridos y posteriormente descementados con una máquina universal de pruebas a cuatro diferentes velocidades (0.5, 1, 2 y 5 mm/min), sin encontrar di-

ferencias estadísticas entre los grupos experimentales. Con base en estos resultados, se concluyó que pueden aplicarse diferentes velocidades de carga para el descementado de brackets ortodóncicos.

En Ortodoncia se ha estipulado que los valores necesarios para soportar las fuerzas biomecánicas oscilan entre 6 y 8MPa [Ogaard B. *et al.*, 2004; Powers J. M., Messersmith M. L., 2001]. Para las pruebas experimentales de todos los estudios descritos en esta obra para evaluar la resistencia al descementado de los brackets ortodóncicos, la carga fue aplicada como se muestra en las Figuras 6 y 7.



Figura 6. Los especímenes se colocaron en la base de la máquina de modo que la terminación biselada de la barra metálica incidiera en la zona entre la base y las aletas del bracket, produciendo una fuerza paralela a la superficie del diente en dirección incisoapical.

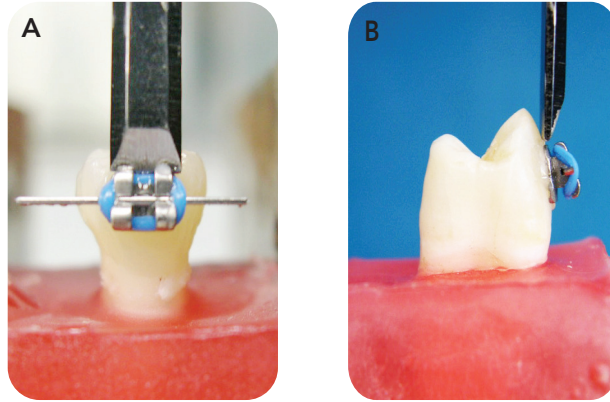


Figura 7. Imágenes representativas de un premolar posicionado en la máquina universal para pruebas. Es importante observar que la dirección de la carga es en sentido ocluso-gingival. A) Vista frontal; B) Vista lateral [Scougall Vilchis, R. J. *et al.*, 2007].

En general, los agentes de autograbado presentan valores ligeramente superiores al rango necesario para realizar el tratamiento clínico [Scougall Vilchis, R. J. *et al.*, 2009].

Actualmente, se ha demostrado que no existe algún agente de autograbado capaz de superar la resistencia al descementado de los anclajes ortodóncicos adheridos después de grabar el esmalte con ácido fosfórico [Scougall Vilchis R. J., 2010]. Sin embargo, en un estudio reciente se encontró que el único agente de autograbado cuya acción no afecta la resistencia al descementado de manera significativa es Transbond Plus SEP (3M Unitek), [Scougall Vilchis R. J. *et al.*, 2009]. Este agente de autograbado utiliza un sistema de paleta que contiene

tres compartimentos; al presionar el primero, el contenido pasa al siguiente compartimiento para iniciar el mezclado; posteriormente, ambos componentes pasan al tercero, donde la mezcla es terminada con un aplicador.

Una vez activado el material, la mezcla resultante es suficiente para adherir toda la aparatología fija de un paciente y, con base en la experiencia del autor, es el agente de autograbado de elección para iniciar el tratamiento ortodóncico. No obstante, cuando se requiere adherir un solo anclaje, el costo-beneficio debe ser considerado, pues activar tanta cantidad de material sería un gasto elevado. Por tanto, la preservación del medio ambiente deberá promoverse evitando la contaminación con el em-

paque desechable de los materiales dentales. En esos casos, se recomienda usar algún otro tipo de agente de autograbado como Bond Force (Tokuyama Dental Corp., Tokio, Japón); Protect Bond (Kuraray Medical, Tokio, Japón); o Peak Seal & Peak LC (Ultradent Products Inc., South Jordan, EUA), los cuales, a pesar de poseer valores de resistencia al descementado ligeramente menores, no afectaron de manera significativa la adhesión en comparación con Transbond Plus SEP (3M Unitek) [Scougall Vilchis R. J. *et al.*, 2009].

En la Figura 8 se muestra el análisis de la interfase esmalte-adhesivo a base de resina compuesta de prescripción ortodóncica, posterior a la aplicación del haz iónico focalizado, el cual es un potente equipo, útil para micropulverizar muestras sin dañar la integridad de las mismas e incluye un microscopio iónico de barrido. En las imágenes se pueden observar las diferencias entre el grabado convencional y el autograbado. También se observa claramente la evidencia del efecto mínimamente invasivo de los sistemas de autograbado.

Por otra parte, es relevante recordar la peligrosidad de los valores elevados de resistencia al descementado. Se ha comprobado que cuando la resistencia al descementado excede 14MPa, el esmalte puede fracturarse y/o desprenderse [Scougall Vilchis, R. J. *et al.*, 2009; Eminkahyagil N. *et al.*, 2006]. A pesar de

la influencia de muchos factores en la resistencia al descementado, los agentes de autograbado difícilmente superan dicha cifra [Scougall Vilchis R. J. *et al.*, 2009].

Brackets metálicos

En términos generales, la aparatología ortodóncica fija fabricada con aleaciones de acero inoxidable es ampliamente utilizada en la práctica clínica contemporánea. Por lo anterior, la fuerza de adhesión ha sido profundamente estudiada por diversos investigadores a nivel internacional.

A pesar de que los aparatos fabricados con materiales estéticos han ganado popularidad entre los pacientes, la aparatología fija con brackets metálicos es ampliamente aceptada por la mayoría de los pacientes adolescentes, ávidos de lucir el color de los módulos elastómeros. Inclusive, muchos pacientes aceptan el tratamiento con brackets metálicos de autoligado que presentan un diseño innovador, y la tecnología de fabricación ofrece algunas ventajas sobre la biomecánica y aun sobre la higiene al no acumular tantos residuos sobre el material elastomérico.

El procedimiento de adhesión de brackets ortodóncicos ha sido perfectamente bien definido y ha evolucionado de manera satisfactoria desde hace más de 3 décadas. En este contexto, la

adhesión directa de brackets y aditamentos se ha considerado como uno de los avances más significativos en la Ortodoncia. Sin embargo, existen algunas adecuaciones para los procedimientos adhesivos debido a los avances en materiales dentales y dispositivos para su colocación. Como se ha descrito anteriormente, los sistemas adhesivos disponibles en el mercado ofrecen varias ventajas en condiciones clínicas específicas para su aplicación. En el área de Ortodoncia, podemos clasificar a los sistemas adhesivos en dos grandes grupos: los adhesivos convencionales y los sistemas adhesivos de autograbado. Los sistemas convencionales utilizan un acondicionador que por lo general es el ácido fosfórico al 37%, aplicado en la superficie del esmalte por 15 segundos, posteriormente se lava con agua de la jeringa triple por 30 segundos, se seca por 5 segundos y se aplica una capa de adhesivo sobre la superficie del órgano dentario; dicha capa o película se adelgaza al utilizar aire de la jeringa triple libre de contaminantes y aplicándolo con gentileza. Finalmente, se coloca el bracket con resina compuesta en pasta, de viscosidad mediana preferentemente para permitir el posicionamiento estratégico del bracket sin modificaciones; el excedente se elimina con un explorador y para ello algunas casas comerciales han desarrollado resinas con colores diferentes al órgano dentario previo al polimerizado para identificar fácilmente el material. Acto seguido, se fotopoli-

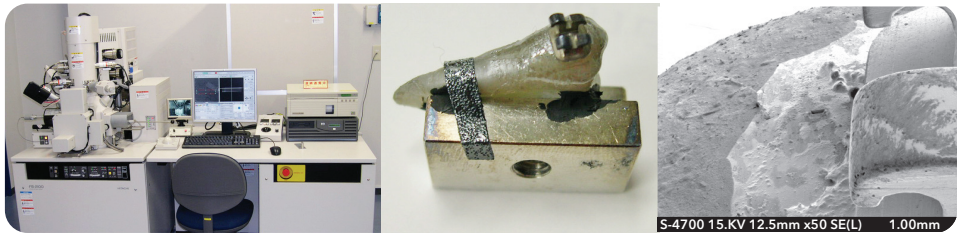
meriza con una lámpara –comúnmente de luz LED– por 5 segundos, aunque también existen de luz halógena, argón, plasma o láser que requieren diferentes tiempos de fotopolimerización de acuerdo con sus características propias y a las prescripciones del fabricante. El procedimiento descrito se ejemplifica en las ilustraciones de la Figura 9.

Por otra parte, el procedimiento de adhesión directa de brackets ortodóncicos mediante sistemas de autograbado ha resultado un avance significativo preservando mayor estructura dentaria, ahorrando tiempo de trabajo y previniendo contaminación con humedad o sangre. El primer paso es la profilaxis; dicho procedimiento puede ser innecesario con sistemas adhesivos convencionales, pero resulta indispensable cuando se utilizan autograbantes. Es recomendable realizarla con una copa de hule y utilizar pasta profiláctica libre de flúor para evitar interferencias adhesivas por el efecto remineralizante del flúor; luego se lava perfectamente con agua de la jeringa triple libre de contaminantes y se seca con aire. Como alternativa a la profilaxis, en un estudio se compararon la resistencia al descementado y el índice de adhesivo remanente de brackets ortodóncicos cementados con un agente de autograbado, usando previamente cuatro distintas preparaciones del esmalte [Fitzgerald I. *et al.*, 2012]: 1) Profilaxis con pasta pómez y pregrabado con ácido fosfórico al 37% por 5 se-

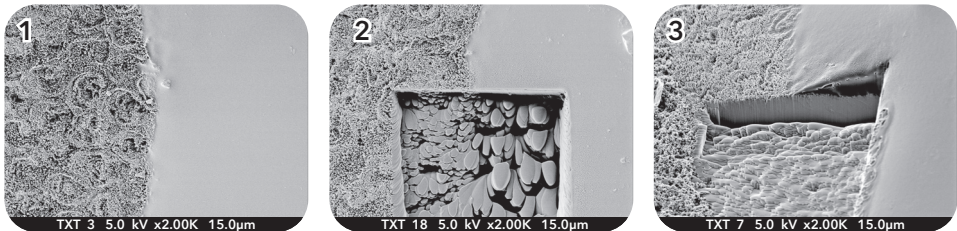
gundos; 2) Profilaxis con pasta pómez; 3) Pregrabado con ácido fosfórico por 5 segundos; y 4) Sin tratamiento. Para este estudio, la muestra utilizada fue de 60 premolares asignados aleatoriamente a los cuatro grupos iguales (n = 15/gp), los cuales fueron sumergidos en saliva por 48 horas. En cuanto a la resistencia al descementado, existieron diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro grupos, pero la mayoría del adhesivo residual permaneció en el bracket en todos ellos. Basándose en los resultados de este experimento, los autores concluyeron lo siguiente: el pregrabado durante 5 segundos con ácido fosfórico al 37% y sin profilaxis previa a la cementación de brackets ortodóncicos cuando se utiliza el auto-

grabado, produce mayor resistencia al descementado.

Posterior a la profilaxis, se activa el autograbante siguiendo las indicaciones del fabricante para obtener los mayores beneficios de sus propiedades y se aplica sobre la superficie del esmalte frotándolo enérgicamente por tan sólo 3 o 5 segundos. Finalmente, se adelgaza la película del material con aire libre de contaminantes y con especial cuidado, para continuar con la colocación de los brackets con resina compuesta de la misma manera que se ha descrito en los sistemas convencionales para polimerizar mediante un dispositivo de luz intensa, como lo es el tipo LED (Figura 10).



FB - 2200, Hitachi, Japan



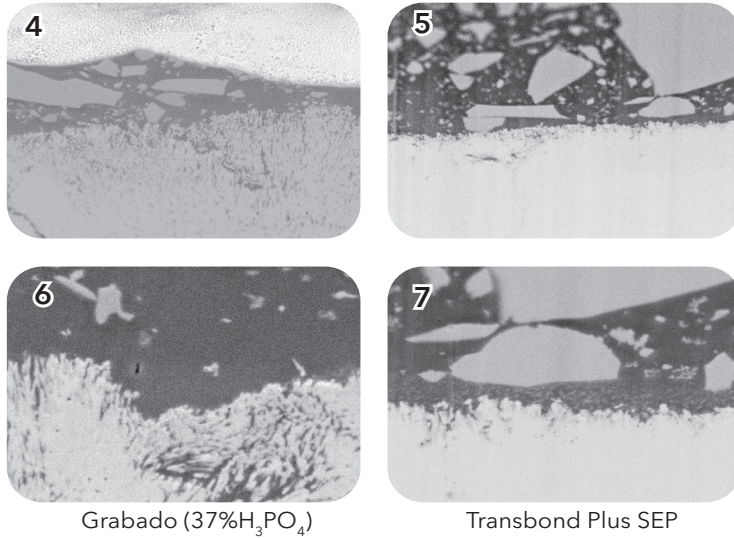


Figura 8. Imágenes representativas de la aplicación del haz iónico focalizado en muestras dentales. 1) Superficie de esmalte grabada y con adhesivo; 2) Micropulverización con el haz iónico focalizado; 3) Inclinación de la muestra; 4 y 6) Unión de esmalte grabado con la resina; 5 y 7) Unión de esmalte autograbado con la resina [Scougall Vilchis, R. J. *et al.*, 2007; 131:646-50].

Respecto a la resistencia al descementado, los nuevos productos desarrollados para mejorar el procedimiento adhesivo son un aspecto importante para investigar y determinar la fuerza adhesiva que presentan. Por ello, se ha evaluado la resistencia al descementado de un sistema adhesivo innovador denominado BeautyOrtho Bond (Shofu Inc., Kioto, Japón), el cual es un agente de autograbado con una resina compuesta, fabricada con la tecnología S-PRG (Surface Pre-Reacted Glass Ionomer Cement). Esta tec-

nología emplea partículas de relleno que liberan y recargan iones de flúor.

En un estudio realizado en órganos dentarios de tipo premolar humano extraídos por razones ortodóncicas [Scougall Vilchis, R. J. *et al.*, 2007], se determinó que la resistencia al descementado en brackets metálicos con este nuevo sistema es de 8.0MPa, la cual incrementa hasta 10.0MPa cuando se aplica una resina fluida previo al cementado final. El cementado de

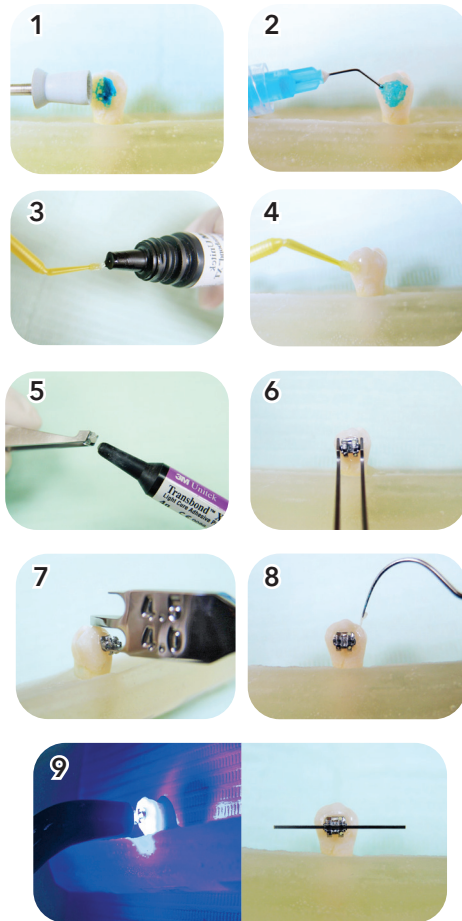


Figura 9. Adhesión de brackets con sistema convencional. 1) Profilaxis opcional; 2) Grabado con ácido fosfórico al 37% por 15 segundos, lavado y secado; 3) Impregnación de aplicador con adhesivo; 4) Aplicación del adhesivo; 5) Colocación de resina compuesta; 6) Posicionamiento del bracket; 7) Determinación de la altura; 8) Eliminación de adhesivo remanente; 9) Fotopolimerización (3 segundos), y finalmente se observa el bracket cementado con un alambre sujeto por un mecanismo de autoligado.

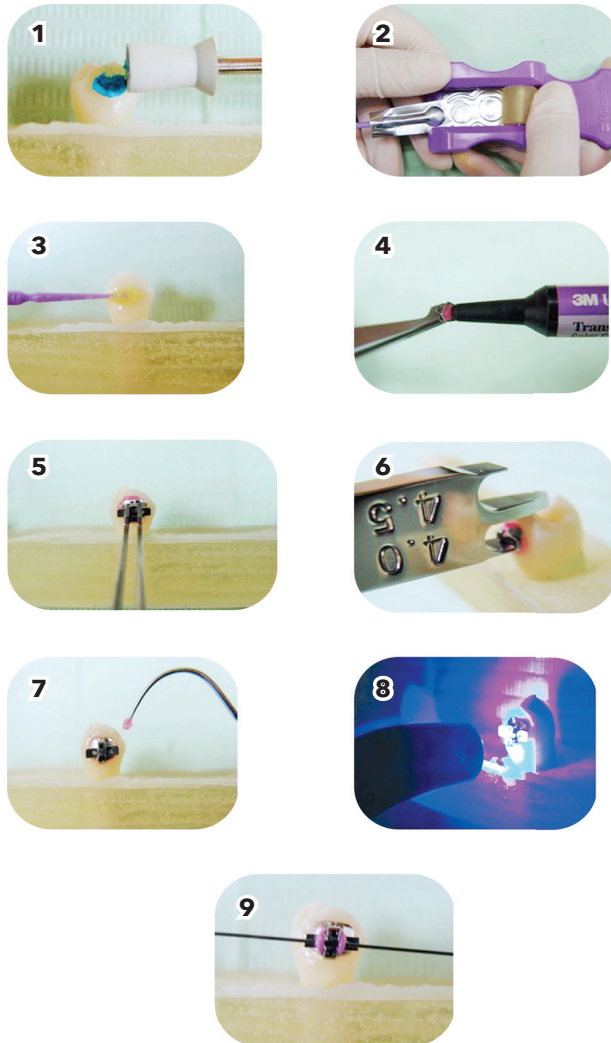


Figura 10. Adhesión de brackets con sistemas de autograbado. 1) Profilaxis; 2) Activación del autograbante; 3) Aplicación del autograbante (3-5 segundos); 4) Colocación de resina compuesta (Transbond Color Change, 3M Unitek); 5) Posicionamiento del bracket; 6) Determinación de la altura; 7) Eliminación de adhesivo excedente; 8) Fotopolimerización por 3 segundos; 9) Bracket cementado con el alambre sujeto mediante un módulo elastomérico; el color rosa de la resina se vuelve transparente al ser fotopolimerizado.

brackets metálicos con el sistema convencional que utiliza ácido fosfórico fue significativamente mayor (18.1MPa) a los tres grupos experimentales, bajo las condiciones de este estudio y con una muestra de 35 dientes por grupo, los cuales fueron termociclados una vez realizado el procedimiento adhesivo (Tabla 1).

En este mismo estudio se analizó la cantidad de adhesivo remanente sobre la superficie de los dientes una vez descementados los brackets. En la Tabla 2 se sintetizan los resultados. Aunque no existieron diferencias estadísticas significativas, se encontró una fuerte relación entre la cantidad de adhesivo remanente y la fuerza de adhesión.

Tabla 1
Descripción estadística de la resistencia al descementado con valores expresados en Megapascales

Grupo	Media	^a DE	^b n
I (Control, Transbond XT grabado convencional)	18.1	5.5	35
II (Experimental Transbond Plus SEP)	12.7	3.3	35
III (Experimental BeautyOrtho Bond)	8.0	4.2	35
IV (Experimental BeautyOrtho Bond + Salivatec)	10.0	4.5	35

Fuente: Scougall Vilchis, R. J. *et al.*, 2007.

^aDE = Desviación estándar.

^bn = Tamaño de la muestra.

A mayor valor de resistencia al descementado, mayor la cantidad de adhesivo residual con marcadores ARI de hasta 3. Además, en los grupos que presentaron mayor resistencia al descementado, también se encontraron fracturas de esmalte, previniendo a los operadores para realizar el procedimiento de retiro de brackets con la mayor gentileza y recordando que estas fracturas probablemente fueron causadas por la misma prueba mecánica.

Por los resultados obtenidos anteriormente, se diseñó una nueva fase experimental para evaluar 4 diferentes sistemas adhesivos de autograbado con sus respectivas resinas compuestas, tratando de hallar el mejor protocolo clínico para optimizar las propiedades de los agentes de autograbado, así como su efecto mínimamente invasivo sobre la superficie del diente, como se ilustra en la Figura 8.

Tabla 2
Distribución de frecuencias y porcentajes del índice de adhesivo remanente

Grupo	0	1	2	3	^a n	^b FE
I	10 (28.5)	21 (60.0)	2 (5.7)	2 (5.7)	35	5
II	10 (28.5)	23 (65.7)	2 (5.7)	0 (0.0)	35	3
III	16 (45.7)	17 (48.5)	2 (5.7)	0 (0.0)	35	0
IV	7 (20.0)	28 (80.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	35	0

Fuente: Scougall Vilchis, R. J. *et al.*, 2007.

^an = Tamaño de la muestra.

^bFE = Fractura de esmalte.

$c^2 = 14.7$; $df = 9$; $p = 0.0967$

En este estudio se evaluó la resistencia al descementado y el índice de adhesivo remanente en 175 premolares humanos, extraídos por razones ortodóncicas, los cuales fueron divididos de manera aleatoria en cinco grupos iguales ($n = 35/gp$). Los brackets seleccionados para este trabajo fueron de acero inoxidable y técnica estándar (Dyna Lock, 3M Unitek) con ranura 0.018". El procedimiento adhesivo fue realizado de la siguiente manera: GI: (Control), en este grupo los dientes fueron acondicionados con ácido fosfórico al 37% durante 30 segundos y los brackets fueron adheridos con Transbond XT (3M Unitek). En todos los grupos los brackets se fotopolimerizaron por 30 segundos con una fuente de luz halógena. En GII: el esmalte fue acondicionado con autograbado por 5 segundos (Transbond Plus SEP) y los brackets fueron cementados con Transbond XT, ambos fabricados por la misma casa comercial (3M Unitek). En GIII:

el esmalte fue autograbado con Clearfil Mega Bond FA (Kuraray Medical) y los brackets fueron cementados con Krasper F (Kuraray Medical). Para el GIV: el esmalte fue autograbado con Primers A & B y los brackets fueron adheridos con BeautyOrtho Bond (Shofu Inc.). En GV: el esmalte fue autograbado con AdheSE (Ivoclar, Vivadent) y los brackets fueron cementados con Heliosit Orthodontic (Ivoclar, Vivadent). Dentro de los hallazgos más relevantes de este estudio [Scougall Vilchis R. J. *et al.*, 2009], se encontró que la resistencia al descementado de los brackets metálicos adheridos con el sistema de autograbado del grupo II no presentaron diferencias estadísticas significativas con respecto al grupo control (I), aunque el valor numérico fue inferior en 19Mpa y 16.6MPa, respectivamente (Tabla 3). Además, la aplicación del autograbante del Grupo II presentó un valor promedio significativamente mayor al resto de los siste-

mas de autograbado, sugiriendo su utilización en la práctica clínica contemporánea para obtener resultados consistentes, comparables con el grabado convencional sin dañar la superficie del esmalte, simplificando el procedimiento de adhesión en cuanto a tiempo y prevención de contaminación. En este mismo contexto, los

marcadores ARI arrojaron resultados interesantes y estadísticamente significativos, pues los valores menores de resistencia al descementado son de alguna manera los que presentan menor cantidad de adhesivo remanente de este último y desde el punto de vista preventivo no se encontraron fracturas en el esmalte (Tabla 4).

Tabla 3
Valores promedio de la resistencia al descementado (MPa)
y estadística descriptiva

Grupo	Media	^a DE	Mínimo	Máximo	^b n	*Sheffé
I	19	6.7	7.6	29.2	35	A
II	16.6	7.3	7.3	28.5	35	A
III	11	3.9	4.8	21.9	35	B
IV	10.1	3.7	3.4	17.0	35	B
V	11.8	3.5	4.5	18.7	35	B

Fuente: Scougall Vilchis, R. J. *et al.*, 2009.

^aDE = Desviación estándar.

^bn = Tamaño de la muestra.

* ANOVA, Grupos con letras diferentes presentan significancia.

Una vez identificadas las diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas adhesivos de prescripción ortodóncica, surge la gran necesidad de hallar, en un nuevo estudio, el efecto exclusivo de diferentes agentes autograbantes en la resistencia al descementado, utilizando la misma resina compuesta para el cementado, y eliminar esa variable para identificar el efec-

to puro del acondicionador de esmalte empleado previo a la cementación de brackets de acero inoxidable. Por lo anterior, se eligieron 6 diferentes agentes de autograbados conocidos ampliamente por sus siglas en inglés SEP (Self-Etching Primer), aplicando la resina compuesta de mayor aplicación y circulación internacional en la cementación de brackets ortodóncicos Transbond XT

Tabla 4
Distribución de frecuencias y porcentajes del índice remanente de adhesivo (ARI), incluyendo incidencia de fractura de esmalte (FE)

Grupos	0	1	2	3	^a FE	^b n
I	2 (5.7)	17 (48.5)	2 (5.7)	14 (40)	5 (14.2)	35
II	6 (17.1)	9 (25.7)	9 (25.7)	11 (31.4)	5 (14.2)	35
III	13 (37.1)	18 (51.4)	1 (2.8)	3 (8.5)	0 (0.0)	35
IV	18 (51.4)	17 (48.5)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	35
V	14 (40)	21 (60)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	35

Fuente: Scougall Vilchis, R. J. *et al.*, 2009.

^aFE = Fractura de esmalte.

^bn = Tamaño de la muestra.

$\chi^2 = 75.13$; $df = 12$ $p = 0.001$.

(3M Unitek), [Scougall Vilchis, R. J. *et al.*, 2009].

Para este estudio, 140 premolares recién extraídos fueron recolectados y divididos en 7 grupos iguales ($n = 20$ /gr). El procedimiento adhesivo se aplicó de manera estandarizada. En todos los dientes se realizó profilaxis con una copa de hule a baja velocidad y con pasta libre de fluoruro. Se utilizaron brackets de acero inoxidable y técnica estándar (Dyna Lock, 3M Unitek) con ranura 0.018", los cuales se adhirieron con Transbond XT (3M Unitek) y posteriormente se fotopolimerizaron por 20 segundos con una fuente de luz halógena. El esmalte fue acondicionado de acuerdo con el grupo:

- GI: (control) ácido fosfórico al 37% durante 15 segundos.

- GII: autograbado por 5 segundos (Transbond Plus Self-Etching Primer).
- GIII: autograbado con AdheSE (Ivoclar, Vivadent) componente A por 20 y componente B por 10 segundos, para ser posteriormente fotopolimerizado por otros 10 segundos.
- GIV: autograbado con Primers A & B de BeautyOrtho Bond (Shofu Inc.) por 3 segundos.
- GV: autograbado con Clearfil Mega Bond FA (Kuraray Medical) componente A por 20 y componente B por 10 segundos, para ser posteriormente fotopolimerizado por otros 10 segundos.
- GVI: Peak SE & Peak LC Bond (Ultradent Products) componente A por 20 y componente B por 10 segundos, para ser posteriormente fotopolimerizado por otros 10 segundos.

- GVII: autograbado con Bond Force (Tokuyama) por 20 segundos, para ser posteriormente fotopolimerizado por otros 10 segundos.

Los resultados de este estudio confirmaron que no existe un sistema de autograbado capaz de resistir al descementado superior al grabado convencional. El único agente de autograbado que no presenta valores de resistencia al descementado significativamente diferentes al grabado convencional con ácido fosfórico al 37% es Transbond Plus SEP (Tabla 5). Haciendo un análisis exclusivo entre los diversos agentes de autograbado, se encontró que Transbond Plus SEP es superior, pero no difiere estadísticamente de Peak SE & Peak LC Bond, Clearfil Mega Bond y Bond Force; este último un adhesivo de séptima generación. Los otros agentes de autograbado presentaron valores inferiores, pero son clínicamente aceptables, pues fueron superiores al mínimo necesario para la aplicación clínica de fuerzas ortodóncicas al realizar el movimiento dental, que fluctúa entre 6 y 8MPa. De cualquier manera, se requiere confirmar la eficiencia de su aplicación para la adhesión de aparatología estética que ha demostrado alcanzar valores superiores de fuerza adhesiva. Utilizar una paleta de Transbond Plus SEP es ideal para iniciar un caso de ortodoncia y poner cada uno de los brackets; sin embargo, para recolocar uno de éstos o adherir un solo aditamento puede resultar una excelente

alternativa el uso de Peak SE & Peak LC Bond, Clearfil Mega Bond FA o Bond Force, para optimizar el recurso y no activar toda una paleta de autograbante. Es importante mencionar que el índice de adhesivo remanente resultó estadísticamente diferente, pues la acción del acondicionador varía según el fabricante, sin importar que se aplique la misma resina ($\chi^2 = 34.293$; $df = 12$; $p = 0.0006$).

Posteriormente, una vez identificado el agente de autograbado que ofrece mejores propiedades y resultados más consistentes, surge la pregunta de conocer el comportamiento que puede presentar al aplicarse con diferentes resinas compuestas de prescripción ortodóncica para la cementación de brackets. En este experimento, 140 molares humanos extraídos por razones ortodóncicas se utilizaron para el análisis de la resistencia al descementado y la comparación de siete diferentes resinas compuestas de uso ortodóncico para cementar brackets de acero inoxidable con ranura 0.018" y prescripción estándar para incisivos centrales superiores (Tommy International). En todos los casos, el esmalte fue acondicionado con el mismo agente de autograbado para cada uno de los grupos (Transbond Plus SEP, 3M Unitek) por 5 segundos.

Los valores de resistencia al descementado de brackets metálicos adheridos con 7 diferentes resinas compuestas foto-

Tabla 5
Estadística descriptiva de las fuerzas de adhesión al descementado de los 7 grupos diferentes, valores expresados en MPa

Grupo (Acondicionador para esmalte)	n	Media	^a DE	Rango	^b Scheffé	^c m	^c S ₀	^c P ₁₀
I (37 % H ₃ PO ₄)	20	26.5	8.1	15.2 - 41.5	A	3.4	29.6	15.3
II (Transbond Plus SEP)	20	21.1	6.2	6.5 - 33.6	A, B	2.9	23.9	11.2
III (AdheSE)	20	13.4	4.1	5.9 - 20.9	C, D	3.0	15.1	7.2
IV (Primers A & B)	20	8.8	2.6	5.1 - 13.6	C	3.5	9.8	5.2
V (Clearfil Mega Bond FA)	20	19	4.3	13.3 - 28.5	B, D	4.6	20.8	12.8
VI (Peak SE & Peak LC)	20	19.6	5.1	9.1 - 30.4	B	3.7	21.7	12.0
VII (Bond Force)	20	18.3	4.4	9.3 - 28.7	B, D	4.1	20.1	11.7

Fuente: Scougall Vilchis, R. J. *et al.*, 2009.

^aDE = Desviación estándar.

^bScheffé = Comparaciones múltiples (ANOVA); $p < 0,05$.

Grupos con letras diferentes presentan diferencias estadísticas significativas.

^cWeibull = Parámetros de Weibull m y S₀ se obtuvieron de probabilidades de fallo acumulativo por mínimos cuadrados no ponderados ajustados a los datos. Las cargas de 10% de probabilidad de fallo también se calcularon como PF10.

polimerizables se encuentran resumidos en la Tabla 6 [Scougall Vilchis, R. J. *et al.*, 2010]. No existieron diferencias estadísticas significativas entre los grupos evaluados; esto nos indica que el acondicionamiento con Transbond Plus SEP, utilizado como agente de autograbado, brinda resultados clínicamente aceptables de manera similar al comportamiento del grabado con ácido fosfórico (Tabla 6). Lo anterior tiene relevancia científica y clínica, pues no existen reportes previos y brinda el sustento necesario para su prescripción en

la práctica ortodóncica contemporánea. Respecto al índice de adhesivo remanente, se identificaron diferencias significativas con la prueba Chi cuadrada ($X^2 = 81.82$; $df = 24$; $p = 0.0001$). Lo anterior se debe a que los sistemas adhesivos pueden tener mayor afinidad a ciertos compuestos químicamente similares; en este contexto, el análisis y las pruebas de laboratorio *in vitro* son una parte importante del bosquejo inicial. Las condiciones orales difieren de las condiciones encontradas en el laboratorio de ciencia básica para la evaluación de materiales

dentales. De cualquier manera, la adhesión directa de brackets ortodóncicos fabricados con aleaciones de acero es el procedimiento más practicado; sin embargo, la adhesión indirecta, así como la Ortodoncia con aparatología estética o con alineadores, ha tomado un auge importante en tiempos actuales.

Por otra parte, la Odontología estética ha ganado gran popularidad entre los pacientes y el ejemplo más frecuente es el aclaramiento dental con algunos tipos de peróxido; los resultados son espectaculares y la cantidad de personas que solicitan el aclaramiento dental es significativo; aun en casos donde no se requiere, la mayoría de las personas desea mostrar una sonrisa con dientes más blancos.

Un efecto adverso del aclaramiento dental es la frecuencia de fallas adhesivas observadas en aquellos pacientes que han recibido dicho tratamiento, previo a la cementación de alguna restauración o simplemente a la colocación de una restauración directa adherida con resina compuesta. Sin embargo, hasta el año 2010 [Scougall Vilchis, R. J. *et al.*] se reportó el efecto del aclaramiento dental sobre la resistencia al descementado de brackets ortodóncicos, y un año después se reportó (Tabla 7) en una muestra más representativa el efecto producido por un mayor número de productos para dicho tratamiento [Scougall Vilchis R. J. *et al.*, 2011].

De los hallazgos más relevantes de este estudio, habrá de señalarse a los nuevos materiales con base de resina compuesta usados como recubrimiento para aclarar temporalmente los dientes. Estos materiales aumentan la resistencia al descementado y son una gran alternativa para tratamientos previos a la cementación de brackets. En contraste, los productos para aclaramiento dental con peróxidos reducen significativamente la fuerza de adhesión, siendo mayor cuando la concentración del peróxido es elevada y su uso previo a la colocación de brackets está contraindicado. Cuando un paciente ha recibido algún tratamiento similar, se recomienda ampliamente esperar al menos un par de semanas para realizar cualquier procedimiento adhesivo, incluyendo la colocación de aparatos ortodóncicos.

Es importante señalar que la aplicación de sustancias para el aclaramiento dental también puede producir diferencias estadísticamente significativas de adhesivo remanente ($X^2 = 34.293$; $df = 12$; $p = 0.0001$).

Finalmente, la adhesión de brackets metálicos es la alternativa más utilizada hoy en día, debido a la gran demanda de pacientes adolescentes que se encuentran bajo tratamiento ortodóncico correctivo. Si bien la cooperación de los pacientes es fundamental para la buena evolución de los tratamientos, un

Tabla 6
Estadística descriptiva de la fuerza de adhesión al descementado de los siete grupos diferentes. Valores expresados en MPa

Grupo	N	Media	^a DE	Rango	^b Scheffé	^c m	^d S ₀	^e P _{f10}
I (Transbond XT)	20	18.0	7.4	8.3 - 34.9	A	2.5	20.4	8.5
II (Blüglöo)	20	18.3	5.1	11.3 - 30.5	A	3.8	20.2	11.3
III (BeautyOrtho Bond)	20	14.8	4.3	7.8 - 21.0	A	3.5	16.5	8.7
IV (Enlight)	20	18.3	7.0	7.6 - 30.5	A	2.6	20.7	8.8
V (Light Bond)	20	16.4	4.3	5.4 - 31.0	A	2.3	18.7	7.3
VI (Transbond CC)	20	20.3	5.3	9.0 - 26.7	A	3.6	22.6	12.2
VII (Xeno Ortho)	20	15.9	6.4	5.8 - 27.1	A	2.4	18.0	7.3

Fuente: Scougall Vilchis, R. J. *et al.*, 2010.

^aDE = Desviación estándar.

^bScheffé = Comparaciones múltiples (ANOVA de 1 factor); $p < 0,05$. Grupos con letras diferentes presentan diferencias estadísticas significativas.

^cWeibull = Parámetros de Weibull m y S_0 se obtuvieron de probabilidades de fallo acumulativo por mínimos cuadrados no ponderados ajustados a los datos.

Las cargas de 10% de probabilidad de fallo también se calcularon como PF10.

Tabla 7
Valores promedio de fuerza de adhesión media (MPa) y estadística descriptiva

Grupo	^a n	Media	^b DE	Rango	^c Scheffé	^d m	^e S ₀	^f P _{f10}
I (Control)	20	20.3	6.1	10.1-36.1	A	3.4	19	9.9
II (Peróxido de Carbamida al 10 %)	20	17.5	6.4	5.1-30.2	A, B	2.4	16.8	6.7
III (Peróxido de Hidrógeno al 38 %)	20	14.3	6.3	0.4-27.9	B	2.4	14.3	5.7
IV (Beauty Coat)	20	21.7	6.6	6.2-32.3	A	2.9	20.6	9.6
V (White Coat)	20	26.8	6.3	15.3-38.4	C	4.5	24.6	14.9

Fuente: Scougall Vilchis, R. J. *et al.*, 2011.

^an = Tamaño de la muestra.

^bDE = Desviación estándar.

^cScheffé = Comparaciones múltiples (ANOVA); $p < 0,05$. Grupos con letras diferentes presentan diferencias estadísticas significativas.

^dWeibull = Parámetros de Weibull m y S_0 se obtuvieron de probabilidades de fallo acumulativo por mínimos cuadrados no ponderados ajustados a los datos. Las cargas de 10% de probabilidad de fallo también se calcularon como PF10.

procedimiento adhesivo conservador y óptimo debe ser practicado por los ortodontistas en la clínica actual.

Brackets estéticos

Los avances científicos y tecnológicos en la fabricación de brackets estéticos han despertado gran interés en pacientes adultos para someterse a tratamientos de Ortodoncia correctiva con aparatos discretos. Además, algunos adolescentes solicitan aparatología fija discreta o que presente una apariencia similar a los órganos dentarios, para camuflar su tratamiento.

Por lo anterior, diversos materiales se han utilizado para la fabricación de brackets invisibles o similares a los dientes; entre estos materiales destacan el policarbonato, la cerámica dental o porce-

lana, cristales de zafiro, zirconia, etc. Por durabilidad, los brackets de cerámica han ganado popularidad en la población bajo tratamiento ortodóncico; sin embargo, los brackets monocristalinos son estéticamente superiores a pesar de su fragilidad en la ranura o las maletas.

Teniendo disponibles estos aparatos para realizar procedimientos correctivos, algunos pacientes mayores de 60 años se someten a tratamientos de Ortodoncia motivados por encontrar una alternativa discreta a los brackets convencionales de acero inoxidable con apariencia metálica (Figura 11).

Los brackets transparentes o estéticos tienen grandes ventajas en cuanto a su apariencia; sin embargo, uno de los efectos adversos es el incremento de la resistencia al descementado, lo

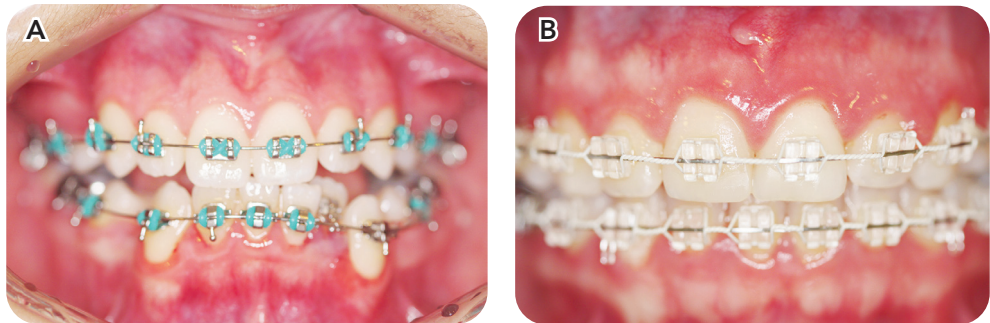


Figura 11. A) Aparatología ortodóncica con brackets metálicos y módulos elastoméricos de color; y B) Aparatología con brackets estéticos y ligadura recubierta con teflón para ofrecer mayor discreción. La diferencia en apreciación es importante para algunos pacientes.

cual provoca daños sobre la superficie del esmalte al retirar los aparatos. Una posible explicación al respecto es el mecanismo de polimerización de la aparatología mediante un dispositivo de luz. Dicha luz puede traspasar el bracket estético logrando un mayor grado de polimerización en comparación con los brackets metálicos. Por la problemática mencionada con anterioridad, algunas casas comerciales han desarrollado dispositivos específicos para la remoción de brackets cerámicos, y otras han creado diseños específicos para fracturarlos al momento de removerlos y evitar dañar la integridad de la superficie del esmalte, así como del propio órgano dentario. No obstante, el descementado de los brackets estéticos requiere mayor trabajo y resulta complicado realizarlo en comparación con los brackets de acero inoxidable. Además, el recementado puede ser imposible debido al tratamiento superficial que tienen dichos brackets en la base, y por lo general se reemplazan por aparatos nuevos, lo cual incrementa considerablemente el tiempo de consulta y el costo de los materiales.

En la Figura 12 se muestran imágenes representativas de la adhesión de brackets estéticos con un sistema convencional de adhesión, mientras en la Figura 13 se encuentra representada la adhesión de éstos con un sistema adhesivo de autograbado.

Desde el estricto punto de vista adhesivo, el procedimiento se realiza de la misma manera para brackets estéticos o metálicos; sin embargo, existen ligeras variantes en los auxiliares para la fijación de los arcos y en el resultado de resistencia al descementado. Por lo anterior, se desarrolló un diseño experimental para evaluar la resistencia al descementado de brackets estéticos bajo distintos acondicionadores de esmalte, con el fin de determinar cuál de ellos brinda un mejor resultado clínico para prevenir los efectos adversos con fuerzas excesivas de adhesión, así como fallas adhesivas durante el tratamiento.

Para este estudio han sido seleccionados un total de 80 premolares inferiores en excelentes condiciones, pues fueron extraídos por razones ortodóncicas en pacientes adolescentes, siguiendo estrictamente los criterios de inclusión recomendados en la literatura relevante [Bishara S. E. *et al.*, 2005]. Por lo anterior, únicamente se utilizaron dientes con una superficie vestibular intacta, sin caries o restauraciones previas, que no hubieran recibido tratamiento de aclaramiento dental con peróxidos o algún otro agente químico y que fueran recientemente extraídos sin presentar daño alguno durante el procedimiento. Acto seguido, los órganos dentarios recolectados se almacenaron en una solución de timol al 0.2% (wt/vol). Para desarrollar la fase experimental, se fijaron los dientes en resi-



Figura 12. Adhesión de brackets estéticos con un sistema convencional para el cementado de aparatología ortodóncica fija. 1) Profilaxis (opcional); 2) Grabado con ácido fosfórico al 37% (15 s), lavado y secado; 3) Impregnación de aplicador con adhesivo; 4) Aplicación del adhesivo; 5) Colocación de resina compuesta; 6) Posicionamiento del bracket; 7) Determinación de la altura; 8) Eliminación de adhesivo remanente; 9) Fotopolimerización (3 s), donde finalmente se observa el bracket cementado.

na acrílica de prescripción ortodóncica. La superficie a tratar se limpió mediante un procedimiento de profilaxis con una pasta de grano fino libre de flúor (Pressage, Shofu Inc., Kioto, Japón) y copas de hule (Pressage, Shofu Inc.) a baja velocidad, durante un periodo de 10 segundos. Los premolares se enjuagaron con agua bidestilada durante 30 segundos y fueron secados con aire libre de contaminantes, divididos en 4 grupos iguales (n = 20/grupo).

Para el procedimiento adhesivo se utilizaron 80 brackets de cristal de zafiro con una ranura de 0.022" para premolares inferiores (Inspire Ice, Ormco Corp., Orange, EUA). El área de superficie del bracket fue determinada a 12 mm²; dicho valor fue obtenido posteriormente a la medición repetida por 10 de la base propiamente dicha. En la Figura 14 se muestra una micrografía de la base del bracket.

- Grupo I: El esmalte de este grupo determinado como control fue grabado con ácido fosfórico al 37% por 15 segundos. La superficie se lavó con agua bidestilada, secada con aire libre de contaminantes hasta volverla blanca y opaca, con apariencia yesosa. Una capa de adhesivo hidrofílico [Transbond MIP (Moisture Insensitive Primer), 3M Unitek] se aplicó sobre la superficie acondicionada previamente y se secó con delicadez para adelgazar el grosor de la capa del agente de unión (Figura 14).



Figura 13. Adhesión de brackets estéticos con sistemas de autograbado. 1 y 2) Profilaxis; 3) Aislamiento óptimo para la adhesión directa; 4) Aplicación del autograbante (3-5 s); 5) Secado gentil de la superficie del esmalte; 6) Posicionamiento del bracket; 7) Verificación de la posición; 8) Eliminación de adhesivo remanente; 9 y 10) Fotopolimerización (3 s); 11) Brackets cementados, nótese que el color rosa de la resina se hace transparente al polimerizar; 12) Inserción inmediata del arco de alambre; 13) Alambre sujeto por un módulo elastomérico de color azul en el incisivo central superior izquierdo; 14) Arco de alambre sujeto con elásticos incoloros para mejorar la estética.

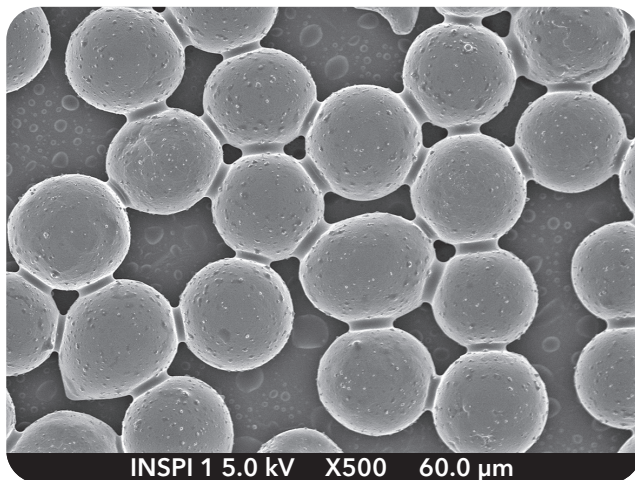


Figura 14. Base de un bracket Ice Inspire (Ormco Corp., Orange, EUA) vista con microscopía electrónica de barrido, tamaño original aumentado 500 veces. Se aprecia la tecnología en el diseño innovador de las micropartículas retentivas para favorecer los procedimientos adhesivos, a diferencia de las bases de brackets metálicos que presentan retenciones mecánicas.

En todos los grupos los brackets fueron adheridos con una resina compuesta de prescripción ortodóncica, Transbond Plus Color Change (3M Unitek), pues este sistema adhesivo está indicado en ambos tipos de brackets tanto metálicos como estéticos, con la particular ventaja de ofrecer el cambio de color al polimerizar y la liberación de flúor para proteger el órgano dentario. Una unidad de luz LED para fotopolimerizado se utilizó (Ortholux, 3M Unitek) por 3 segundos para cementar los brackets.

En los grupos restantes, el esmalte fue acondicionado con autograbantes, siguiendo cuidadosamente las recomendaciones de cada fabricante.

- Grupo II: El esmalte fue acondicionado con un autograbante que utiliza 2 componentes: Primer "A" y Primer "B" (BeautyOrtho Bond, Shofu Inc.), los cuales presentan un color rojo intenso para el compuesto "A", mientras que el compuesto "B" es incoloro. Ambos son mezclados hasta logra un color rosa pálido homogéneo para frotarse en la superficie del órgano dentario

por 3 segundos. Luego la superficie se secó y los brackets fueron cementados como se describió previamente.

- Grupo III: El esmalte se acondicionó con un autograbante Transbond Plus SEP (3M, Unitek) durante 5 segundos, aplicando una fuerza considerable para activar sus compuestos. La superficie fue ligeramente secada y el procedimiento de cementado se realizó utilizando el mismo método en todos los grupos. Este agente de autograbado tiene una presentación comercial en forma de paleta con 3 compartimentos, en los cuales el compuesto base y el compuesto activador son mezclados hasta lograr la combinación homogénea de sus reactivos.
- Grupo IV: El esmalte se acondicionó con un agente de autograbado de "todo en uno" o de séptima generación. Adper Easy Bond Self-Etch Adhesive (3M ESPE, St. Paul, EUA) por 20 segundos. La superficie del diente fue secada ligeramente y fotopolimerizada por 5 segundos.

Una barra de alambre de acero inoxidable de 0.019 x 0.021" fue ligada con módulos elastoméricos en la ranura 0.022" de cada bracket, para prevenir cualquier defecto en el momento de las pruebas de descementado. Los órganos dentarios se fijaron previamente en resina acrílica, donde se utilizó un aditamento para dejar paralela la superficie

vestibular durante la aplicación de la carga. Las muestras fueron almacenadas en agua destilada a 37°C durante un periodo de 24 horas [Turk T. 2007].

Una fuerza ocluso-gingival fue aplicada para generar el descementado a nivel de la unión bracket-esmalte; para dicho efecto se utilizó un aditamento de acero inoxidable con la punta plana, el cual se colocó en una máquina universal de ensayos (AGX, Shimadzu, Kioto, Japón). La velocidad se calibró a 0.5 mm por minuto y el valor de descementado se capturó en Newtons y se convirtió en Megapascales (MPa). Posterior al descementado de los brackets, la superficie del esmalte fue analizada para determinar la cantidad del adhesivo remanente sobre cada diente. El índice de adhesivo remanente (ARI, por sus siglas en inglés) fue registrado utilizando los marcadores originalmente descritos con la siguiente escala: 0 = sin adhesivo remanente en la superficie del esmalte; 1 = cantidad menor a 50% del adhesivo permanece en el diente; 2 = cantidad de adhesivo residual mayor al 50% en el diente y 3 = la totalidad del adhesivo permanece en el órgano dentario.

Para la resistencia, el descementado se analizó mediante estadística descriptiva, incluyendo media, desviación estándar, rango, y la prueba ANOVA de un factor con análisis de comparación múltiple (Scheffé *post hoc*), la cual se aplicó uti-

lizando una significancia predeterminada a $p \leq 0.05$. Además, siguiendo las recomendaciones internacionales [Movahhed H. Z. *et al.*, 2005], el análisis de supervivencia de Weibull fue empleado para obtener información adicional de las probabilidades de fracaso de los sistemas adhesivos. Por otra parte, la prueba Chi cuadrada (X^2) se aplicó para el análisis del índice de adhesivo remanente.

Los valores promedios de resistencia al descementado, incluyendo el análisis estadístico, se muestran en la Tabla 8. El

grupo control (I) presentó una resistencia al descementado significativamente superior a los grupos experimentales, mientras que el grupo II mostró una resistencia al descementado significativamente inferior al resto de los grupos. La comparación entre los grupos III y IV no presentó diferencias estadísticas; sin embargo, el valor promedio del grupo IV parece ser el más óptimo para condiciones clínicas, utilizando aparatología ortodóncica fija de tipo estético. El análisis estadístico con la prueba de Weibull fue congruente con la información obtenida con la prueba ANOVA de un factor.

Tabla 8
Descripción estadística de la resistencia al descementado de brackets estéticos evaluada en los 4 grupos

Grupo (Acondicionador esmalte)	^an	Media	^bDE	Rango	^cScheffé	^dm	^dS₀	^dP_{f10}	^eBF
I (37 % Ácido fosfórico)	20	26	6.9	12.0-37.2	A	3.4	29.0	15.2	6
II (A & B, BeautyOrtho Bond)	20	7.7	5.1	2.2-21.5	B	1.7	8.7	2.4	0
III (Transbond Plus SEP)	20	21.4	7.5	9.2-36.9	A,C	2.9	24.0	11.0	6
IV(Adper Easy Bond)	20	15.8	6.7	3.7-28.3	C	2.1	18.1	6.24	1

^an = Tamaño de la muestra.

^bDE = Desviación estándar.

^cScheffé = Comparaciones múltiples (ANOVA de 1 vía); $p < 0.05$. Grupos con letras diferentes presentan diferencias estadísticas significativas.

^dWeibull = Parámetros de Weibull m y S₀ se obtuvieron de probabilidades de fallo acumulativo por mínimos cuadrados no ponderados. Las cargas de 10% de probabilidad de fallo también se calcularon como PF10.

^eBF = Bracket fracturado.

Estudios precedentes han mostrado evidencia importante respecto a la profilaxis previa al cementado de brackets ortodóncicos cuando se utilizan sistemas de autograbado, pues la omisión de este procedimiento puede producir fallas adhesivas debido al efecto conservador del agente autograbante [Scougall Vilchis, R. J. *et al.*, 2009; Lill D. J. *et al.*, 2008]. No obstante, se ha demostrado que la profilaxis previa al grabado con ácido fosfórico es innecesaria debido al efecto agresivo del acondicionante.

En este estudio, los brackets de cristal de zafiro fueron cementados con una resina compuesta de prescripción ortodóncica (Transbond Plus Color Change, 3M Unitek) en todos los grupos, pues es una resina ampliamente utilizada para la adhesión directa de brackets y ofrece resultados consistentes para éstos, sean metálicos o estéticos. Además, una de sus principales propiedades, a diferencia de otras resinas, es la innovación tecnológica del cambio de color al momento de polimerizar, ayudando considerablemente a eliminar el excedente de manera satisfactoria.

Bajo las condiciones de este estudio *in vitro*, los brackets de zafiro adheridos con cualquiera de los agentes de autograbado de los Grupos III y IV mostraron valores promedio de resistencia al descementado, superiores a los propuestos por Reynolds, que oscilan entre 6-8MPa, requeridos para efectuar el

movimiento dental fisiológico mediante tratamiento ortodóncico [Powers J. M., Messesmith M. L., 2001; Ogaard B. *et al.*, 2004]. En este contexto, el valor más alto de resistencia al descementado se observó en el grupo I con 26MPa, lo cual era de esperarse, pues el grabado con ácido fosfórico incrementa la fuerza de adhesión; sin embargo, los valores no fueron significativos al compararlos con el grupo II, donde el esmalte fue acondicionado con Transbond Plus SEP. Resultados similares han sido reportados en la adhesión de brackets de acero inoxidable [Scougall Vilchis, R. J. *et al.*, 2009]; no obstante, los ortodoncistas deben considerar que, en general, la adhesión de los brackets estéticos es superior a la de los fabricados con aleaciones de acero inoxidable y puede producir mayor daño en la superficie del esmalte [Joseph V. P., Rossouw E., 1990; Jeiroudi M. T. *et al.*, 1991; Liu J. K. *et al.*, 2005; Scougall Vilchis, R. J. *et al.*, 2007]. Además, estudios previos han puesto en evidencia que los brackets ortodóncicos fabricados con cristal de zafiro ofrecen valores promedios de resistencia al descementado superiores a otros brackets estéticos [Joseph V. P., Rossouw E., 1990; Winchester L., 1991]; lo anterior puede ser consecuencia de la gran translucidez de dichos brackets, permitiendo la mayor refracción de la luz para incrementar la polimerización del sistema adhesivo. Por ello, resulta extremadamente importante identificar la resistencia al descementado más con-

veniente de los brackets de cristal de zafiro, para no comprometer la integridad de la superficie del esmalte dental al momento de retirar la aparatología.

Por otra parte, el valor promedio de resistencia al descementado alcanzado por el grupo II fue significativamente menor al de otros grupos, señalando a dicho agente acondicionador del esmalte para uso en aquellos casos de apiñamiento ligero o menor, donde fuerzas muy ligeras son necesarias para lograr la corrección.

Una de las principales ventajas para los clínicos es lograr un patrón de acondicionamiento conservador para la adhesión de brackets estéticos al utilizar sistemas de agentes de autograbado, como Transbond Plus SEP o Adper Easy Bond, los cuales están indicados para su aplicación rutinaria en la práctica ortodóncica contemporánea, principalmente para la adhesión inicial de los brackets.

Es importante enfatizar que la aplicación de agentes de autograbado de prescripción ortodóncica como el primer "A" & "B" de BeautyOrtho Bond, al igual que Transbond Plus SEP, es mucho más rápida que cualquier otro acondicionador de esmalte disponible en el mercado actual.

A pesar de haberse determinado que un valor de resistencia al descementado

inferior o igual a 12.75MPa es seguro para la integridad del esmalte [Bishara S. E., Fehr D. E., 1997], en el presente estudio se observó que un valor promedio de 15.8MPa (obtenido en el grupo experimental IV) no provocó ningún daño sobre las superficies del esmalte, el cual fue analizado con un estereomicroscopio. Por lo anterior, al ser un valor promedio del grupo IV clínicamente aceptable y con base en los resultados mostrados, puede recomendarse para la cementación de los brackets estéticos evaluados en esta investigación.

Los profesionales de la Ortodoncia están continuamente en búsqueda de la opción más conservadora de tratamiento para el mayor bienestar de los pacientes. La intervención mínima en los procesos de adhesión implica el acondicionamiento del esmalte con un agente de autograbado, para evitar así la indeseable desmineralización producida por la aplicación del ácido fosfórico para el grabado dental [Ogaard B. *et al.*, 2004; Attar N. *et al.*, 2007].

Posteriormente se analizará el índice de adhesivo remanente en un capítulo exclusivo para este amplio y polémico tema; no obstante, es necesario comentar que en las condiciones de evaluación de los brackets estéticos de cristal de zafiro se encontraron diferencias estadísticas significativas de adhesivo residual. En la Tabla 9 se muestran las frecuencias de los marcadores ARI, así como su

porcentaje. Se ha demostrado de nuevo que a mayor fuerza de adhesión, mayor será la cantidad de adhesivo remanente sobre la superficie del esmalte [Hosein I. *et al.*, 2004; Pithon M. M. *et al.*, 2006]. De acuerdo con estos reportes, los grupos I y III presentaron valores promedio de resistencia al descementado superiores a los demás grupos y la cantidad de adhesivo residual posterior al des-

cementado fue mayor, dejando una superficie de esmalte con imperfecciones y pérdida de tejido sano, similar a los hallazgos encontrados por Kim M. J. *et al.*, 2005; Cal-Neto J. P. *et al.*, 2006; y Vicente A. *et al.*, 2006. Casos contrarios se hallaron con menor cantidad de adhesivo remanente en los grupos II y IV, donde no existieron marcadores 2 y tampoco 3 de ARI.

Tabla 9
Distribución de frecuencias (y porcentajes) de los marcadores ARI

Grupo (Acondicionador de esmalte)	0	1	2	3	^a n
I (37% Ácido fosfórico)	4 (20)	3 (15)	7 (35)	6 (30)	20
II (BeatyOrtho Bond)	17 (85)	3 (15)	0 (0)	0 (0)	20
III (Transbond Plus)	7 (35)	5 (25)	7 (35)	1 (5)	20
IV (Adper Easy Bond)	14 (70)	6 (30)	0 (0)	0 (0)	20

^an = Tamaño de la muestra.

$\chi^2 = 40.11$; $df = 9$; $P = 0.000$.

En resumen, la opción más saludable para el acondicionamiento del esmalte es sin lugar a duda el autogrado, específicamente el logrado en el grupo IV, pues la adhesión resultó adecuada, los valores ARI deseables y la superficie del esmalte al descementado permaneció similar al esmalte control o sin tratamiento previo al acondicionamiento [Al Shamsi A. *et al.*, 2006; Bishara S. E. *et al.*, 2007;

Korbmacher H. M. *et al.*, 2005]. Además, otra ventaja para la aplicación clínica es evitar la fractura de los aditamentos estéticos, previniendo daños al paciente, así como el riesgo de ingerir los restos durante el retiro de los brackets.

Bajo las condiciones de esta investigación *in vitro*, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Los valores promedio de resistencia al descementado para los brackets estéticos pueden ser clínicamente aceptables para el tratamiento ortodóncico activo, al utilizar una resina compuesta con propiedades cromáticas al igual que los agentes de autograbado; esto incluye al grabado convencional, considerando los efectos adversos de este último.
- A pesar de que el valor promedio de resistencia al descementado del grupo control –donde se utilizó ácido fosfórico al 37% por 15 segundos– fue significativamente mayor a los grupos III y IV, se encontraron efectos adversos como fracturas y daños de la superficie del esmalte.
- La opción más conservadora se observó en el grupo IV, con valores de resistencia al descementado adecuados, marcadores ARI clínicamente deseables, descementado con menor riesgo y superficie de esmalte intacta a éste.
- En cualquier condición, la aplicación de agentes de autograbado reduce la cantidad de adhesivo remanente al descementado y ofrece procedimientos menos invasivos, tanto para la adhesión, como para la limpieza del esmalte al retirar los aparatos.

La gran demanda para recibir tratamiento ortodóncico en pacientes adultos ha promovido el uso de aparatología estética, como ya se ha descrito. Sin embargo, son factores adversos tanto el incremento de costos como el de fric-

ción al movimiento dentario por las características peculiares presentes en los brackets estéticos en comparación con los metálicos (Figuras 15 y 16). Como alternativa para solucionar la problemática descubierta, algunos ortodoncistas en conjunto con casas comerciales de prestigio internacional desarrollaron brackets estéticos de policarbonato o cerámica con la ranura metálica para controlar el efecto adverso de la fricción (Figura 17); desafortunadamente, los espacios entre la ranura metálica y el cuerpo del bracket generan un reservorio para el acúmulo de biopelículas y/o placa dentobacteriana, como se muestra en la imagen de la Figura 18. Por estas razones, la ranura de los brackets y la calidad de los alambres son factores muy estudiados para determinar el grado de fricción producido durante el movimiento dental. En un estudio cualitativo, se evaluó la rugosidad superficial de cuatro alambres con recubrimiento estético, utilizando un alambre ortodóncico convencional como control [Mousavi S. M. *et al.*, 2017]. Para el análisis de dicho estudio, se utilizó un perfilómetro y se evaluaron cuatro parámetros; en ellos se encontró que los valores de rugosidad superficial para el alambre de NiTi no recubierto (utilizado como control) fueron significativamente más altos en comparación con los correspondientes a los alambres recubiertos.

En un esfuerzo por controlar los efectos adversos de las variantes mencionadas

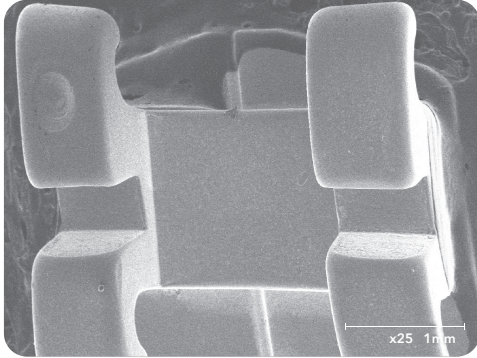


Figura 15. Imagen de un bracket de acero inoxidable del incisivo central superior correspondiente a la disciplina Alexander (Ormco Corp.) vista con microscopía electrónica de barrido (tamaño original aumentado 25 veces). Obsérvese la nitidez y ángulo agudo presente en la ranura para favorecer el deslizamiento de los arcos de alambre durante el tratamiento activo.

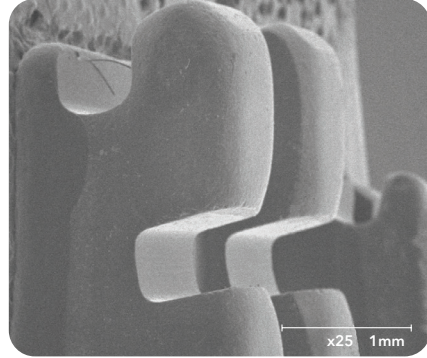


Figura 16. Imagen de SEM (tamaño original aumentado 25 veces) de la ranura de un bracket de cristal de zafiro (Ormco Corp.). Obsérvese el ángulo redondeado que presenta la ranura, lo cual incrementa negativamente la fricción de los arcos de alambre durante el tratamiento activo.

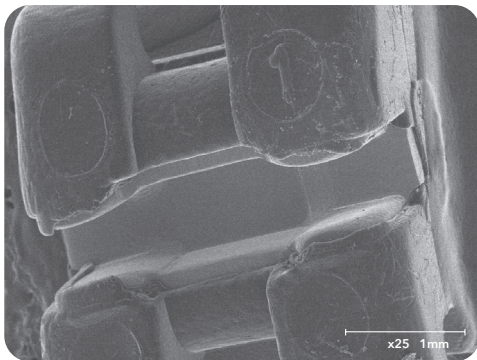


Figura 17. Imagen aumentada 25 veces del tamaño original de un bracket de policarbonato con la ranura metálica (SANKIN Dentsply, Japón). Obsérvese las interfaces que presenta en la unión de la ranura metálica y el cuerpo de un bracket nuevo.

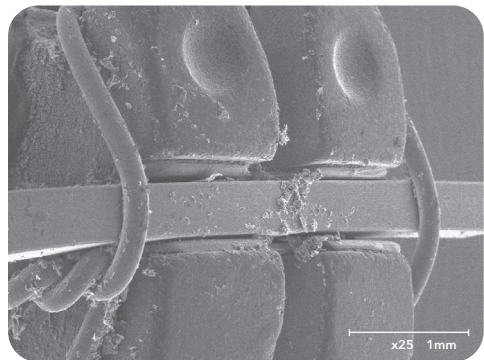


Figura 18. Imagen de SEM (tamaño original aumentado 25 veces), de un bracket de cerámica con ranura metálica (Clarity, 3M Unitek). Obsérvese el acúmulo de placa dentobacteriana alrededor de la unión entre la ranura y el cuerpo del bracket.

con anterioridad, los brackets híbridos se lanzaron recientemente al mercado internacional como una alternativa semi-estética a la aparatología convencional. Estos brackets híbridos, como se muestran en la Figura 19, ofrecen la ventaja de presentar el cuerpo metálico, evitando fracturas del material y una base de polímero, para darle a la aparatología una presentación más discreta. El costo de estos brackets es inferior al de los estéticos, pero superior a los metálicos.

Otra manera de mejorar la estética de un aparato fijo es colocándolo fuera del alcance de la vista; por ejemplo, en la superficie lingual; no obstante, la com-



Figura 19. Imagen de los brackets híbridos (Look for NV, TP Orthodontics Inc., Indiana, EUA). Obsérvese la tecnología para combinar el cuerpo metálico del bracket y la base de polímero para brindar estética a la aparatología, sin comprometer el incremento de la fricción ni la tenacidad del cuerpo del bracket y se prevengan fracturas durante el tratamiento activo.

plejidad de la técnica limita el confort para los pacientes y operadores. El difícil control del torque en los dientes anteriores ha sido otra de las limitantes de dichos aparatos. En este sentido, la manera más factible de mantener la estética durante el tratamiento de Ortodoncia es colocando los aparatos fijos en las superficies labiales y darles un color similar a los órganos dentarios o al menos una apariencia discreta.

Los objetivos para fabricar brackets estéticos se alcanzaron cuando aparecieron los brackets de cerámica a finales de los años ochenta. Aunque los de cerámica presentaban algunos problemas, no cambiaban de color; los pacientes reconocen tener mejores cualidades estéticas; por ello decayó el empleo de los aparatos linguales. Sin embargo, la principal ventaja de los brackets de cerámica es su mejor aspecto estético.

Por lo anterior, la resistencia al descementado de los brackets híbridos debe determinarse con pruebas adhesivas, a pesar de que sus ventajas en cuanto a los efectos en la fricción han sido previamente descritas [Redlich M. *et al.*, 2003]. Hasta hoy, no existe evidencia de su resistencia al descementado y por este motivo se desarrolló el siguiente estudio donde 100 órganos dentarios de ganado vacuno fueron divididos en 4 grupos iguales ($n = 25/\text{gp}$). El procedimiento adhesivo fue desarrollado de la siguiente manera:

- GI: La superficie vestibular fue grabada con gel de ácido fosfórico al 35% durante 15 segundos. El esmalte fue lavado con agua y se secó por completo con aire comprimido libre de contaminantes. Se aplicó una capa del imprimador Transbond MIP en la superficie del órgano dentario previamente acondicionado.
- GIV: Los dientes fueron grabados con ácido fosfórico al 35% durante 15 segundos, de modo similar al grupo I. Se colocó una capa de adhesivo Turbo Bond II Light Cure (TP Orthodontics Inc.) y posteriormente los brackets se cementaron con la resina compuesta del sistema adhesivo Turbo Bond II Ligth Cure (TP Orthodontics Inc.) y fotopolimerizaron por 6 segundos.

En los grupos I, II y III los brackets fueron cementados con resina compuesta (Transbond CC, 3M Unitek). En todos, el exceso de adhesivo se eliminó de la periferia de la base del bracket con una sonda, éstos se fotopolimerizaron con una lámpara (Ortholux, 3M Unitek) durante 3 segundos en la parte mesial y 3 segundos en la parte distal del bracket.

- GII: El autograbador (Transbond Plus SEP, 3M Unitek) se aplicó durante cinco segundos, frotándolo continuamente en la superficie del esmalte, y fue ligeramente secado con aire comprimido por dos segundos. Posteriormente, los brackets fueron cementados con resina compuesta y luego polimerizados.
- GIII: El esmalte fue acondicionado con un agente de autograbado (BeautyOrtho Bond, Shofu Inc., Kioto, Japón), mezclando los Primers "A" y "B" en proporción 1:1. Posteriormente, se aplicó una capa sobre el esmalte durante 5 segundos y los brackets híbridos fueron colocados y fotopolimerizados por 6 segundos.

En la Tabla 10 se muestran los resultados de resistencia al descementado de los brackets híbridos probados con los diversos sistemas adhesivos. Los grupos I y II presentaron valores promedio de resistencia al descementado significativamente superiores a los grupos III y IV. Cabe resaltar que el grupo donde se utilizó Transbond Plus SEP como agente de acondicionamiento presentó el valor de resistencia al descementado más alto; sin embargo, se debe recordar que el tipo de diente utilizado en este estudio fue de ganado vacuno y esos hallazgos pueden ser aplicados a la clínica ortodóncica, si se comprende que el valor puede variar ligeramente en dientes humanos.

Para realizar el presente estudio, se utilizaron órganos dentarios de ganado vacuno porque poseen semejanza histológica con el esmalte humano; además, la recolección de este tipo de órganos dentarios es muy conveniente para obtenerlos en el mismo momento y lograr

una muestra adecuada. Cabe mencionar que los dientes fueron seleccionados con base en rigurosos criterios de inclusión y la prueba está en que los resultados obtenidos fueron consistentes.

En concordancia con reportes previos, es importante mencionar las diversas condiciones existentes para evaluar la resistencia al descementado *in vitro*, las cuales pueden afectar de alguna manera este tipo de estudios.

Entre aquellos factores que intervienen en los resultados de la resistencia al descementado se encuentran el tipo de órganos dentarios seleccionados, ya sea de tipo humano o de origen animal (ganado vacuno), la anatomía de las superficies bucales de dichos órganos dentarios, el agente acondicionador de esmalte, el tipo de resina compuesta empleada, el equipo utilizado para fotopolimerizar el adhesivo, así como el tiempo de fotopolimerización, el tipo de bracket y las características de la base, el tiempo de almacenamiento de la muestra –previo a la prueba– y el modo de medir la resistencia al descementado, etc. Las consideraciones anteriores se examinaron con cautela.

Para el análisis de los resultados en los estudios de resistencia al descementado, el grupo de control es de gran utilidad, pues sirve de base para comparar los resultados obtenidos en los respectivos grupos experimentales.

El esmalte de los grupos II y III se acondicionó con adhesivos de autograbado, lo cual puede causar cierta confusión referente a la disminución en la resistencia al descementado, en comparación con el grabado convencionalmente realizado con ácido fosfórico al 35%. Se ha descubierto que dicho ácido puede aumentar la resistencia al descementado, así como también la cantidad de adhesivo remanente.

En contraste, el autograbado es el método de adhesión más conservador para el esmalte y es precisamente Transbond Plus SEP (el agente de autograbado utilizado en el grupo II). El único agente autograbador que, a pesar de presentar valores de resistencia al descementado ligeramente menores a los obtenidos con el ácido fosfórico, no afecta la resistencia al descementado de manera significativa –según algunos expertos– es el material de elección para adherir brackets en el inicio del tratamiento ortodóncico. En el presente estudio, los valores de resistencia al descementado del grupo II fueron superiores a sus similares del grupo de control, lo cual indica que el uso de agentes de autograbado, como el utilizado en esas muestras, es una excelente opción para el cementado de los brackets híbridos, a diferencia de los resultados obtenidos en el grupo III, donde se aplicó un agente de autograbado bastante conservador. Incluso los resultados del grupo IV pueden ser clínicamente aceptables, pero sus valo-

Tabla 10
Análisis estadístico de la resistencia al descementado con los valores expresados en MPa

Grupo	^a n	Media	^b DE	Rango	^c Scheffé	^d m ⁺	^d S ₀	^d P _{f10}
I	25	17.0	6.1	3.5-25.2	A	2.0	19.9	6.7
II	25	19.8	4.3	9.4-27.8	A	4.3	21.8	12.9
III	25	2.4	1.1	1.2-5.32	B	2.5	2.8	1.1
IV	25	8.3	4.4	1.720.0	C	1.8	9.5	2.8

^an = Tamaño de la muestra.

^bDE = Desviación estándar.

^cComparaciones múltiples con la prueba Scheffé (ANOVA de un factor; $p < 0,05$). Grupos con letras iguales presentaron diferencias estadísticas significantes.

^dLos parámetros m y S₀ del análisis de supervivencia con el modelo de Weibull se obtuvieron a partir de la probabilidad de fracaso acumulativo de los datos mostrados en la figura 3. Las cargas con 10% de probabilidad de fracaso también fueron calculadas (P_{f10}).

res son significativamente inferiores a los obtenidos en los grupos I y II.

A pesar de la gran cantidad de estudios realizados para evaluar la resistencia al descementado de los brackets ortodóncicos, no existe ninguno capaz de medir la fuerza de adhesión en anclajes híbridos, pues han sido recientemente introducidos al mercado.

Respecto al índice de adhesivo remanente, diversos estudios coinciden en que al utilizarse un adhesivo autograbador como método de acondicionamiento del esmalte, se produce con mayor frecuencia el fallo en la interfase adhesivo/diente. En cambio, cuando

se utiliza la técnica tradicional de grabado ácido sobre el esmalte, el fallo adhesivo suele aparecer en la interfase resina/bracket. Lo anterior se puede explicar de la siguiente manera: a mayor daño de la superficie del esmalte, mayor será la cantidad de adhesivo remanente que por lo general se acompaña de fuerzas excesivas de unión. Dentro de los hallazgos más interesantes de este estudio, señalamos que el grupo II presentó el valor mayor de resistencia al descementado; sin embargo, el esmalte se acondicionó con un autograbante y la cantidad de adhesivo residual fue inferior a la de los grupos I y IV, donde el esmalte se acondicionó con ácido fosfórico.

Finalmente, en el grupo III no se observó adhesivo residual y todas las muestras correspondieron al marcador ARI 0. Lo anterior corresponde a que los valores de resistencia al descementado en dicho grupo fueron significativamente inferiores. En ningún caso se observó el marcador ARI 3, lo cual indica que la base del bracket híbrido contiene un polímero que se une fuertemente a las resinas compuestas evaluadas en este estudio (fenómeno cohesivo) y quizás sea la razón más evidente de encontrar diferencias con los estudios previos realizados en brackets metálicos o estéticos de algún otro material.

De cualquier manera, se debe considerar que los estudios *in vitro* tienen ciertas limitaciones cuando se evalúan los sistemas adhesivos, encontrando como principales dificultades la reproducción de las condiciones naturales de la cavidad bucal (temperatura, humedad, fuerzas de masticación, etc.). No obstante, estos estudios *in vitro* son necesarios y útiles para hacer valoraciones iniciales de los sistemas adhesivos para su posterior aplicación clínica.

A diferencia de los anclajes convencionales, la resistencia al descementado de los brackets híbridos puede ser mayormente alterada por el tipo de agente acondicionador y por la resina compuesta aplicada para su cementación.

El autograbante y la resina compuesta utilizados en el grupo II son la mejor opción para el cementado de los anclajes híbridos, mientras que el autograbante utilizado en el grupo III puede ser contraindicado.

La cantidad de adhesivo remanente es mayor cuando se emplea el ácido fosfórico.

No se observó frecuencia alguna del marcador ARI 3, lo cual indica que la unión entre la base del bracket híbrido y las resinas compuestas es favorable para la cementación de los anclajes.

Por otra parte, antes de discutir la cantidad de adhesivo remanente, es importante recalcar las diferencias entre los brackets y que los resultados estarán siempre sujetos a esta sensible consideración por parte del lector. En otro estudio se evaluaron la morfología superficial de distintos tipos de brackets, así como sus características de adhesión al esmalte dental [Ciocan D. I. et al., 2014]. Para dicho proyecto, se incluyeron seis brackets metálicos, cinco cerámicos y uno polimérico. Analizaron la superficie de la base de los brackets en cuanto a composición química, rugosidad, morfología superficial y área. Posteriormente, cementaron estos mismos brackets en dientes extraídos y los sometieron a pruebas mecánicas, para después volver a evaluarlos. Las fallas

adhesivas ocurrieron en todos los casos dentro del adhesivo. Se llegó entonces a la siguiente conclusión: la superficie ideal en los brackets metálicos para una buena adhesión al diente debe ser de tipo malla arenada o grabada con ácido; en cuanto a los brackets estéticos, los cerámicos tuvieron una mejor adhesión al diente que los poliméricos.

Índice de Adhesivo Remanente (ARI)

Una vez descementados los anclajes ortodóncicos, la cantidad de adhesivo residual puede ser analizada y cuantificada. El parámetro más utilizado para dicho fin es el índice de adhesivo remanente (por sus siglas en inglés ARI, Adhesive Remnant Index), originalmente descrito por Artun J. y Bergland S., en 1984, el cual utiliza una escala de marcadores del 0 al 3 como se describe en la Figura 20.

Los hallazgos de algunos estudios previos [Scougall Vilchis R. J. *et al.*, 2007, Cal Neto J. P., Miguel J. A., 2006] han demostrado que la cantidad de adhesivo residual es significativamente menor cuando se utilizan agentes de autogrado, en comparación con aquellos sistemas convencionales de adhesión donde se incluye el ácido fosfórico como agente acondicionador.

Estos análisis están estrechamente ligados con los valores de la resistencia al

descementado, debido a que la aplicación del ácido fosfórico aumenta la fuerza de unión y la cantidad de adhesivo remanente [Hosein I., Sherriff M., Ireland A. J., 2004; Pithon M. M. *et al.*, 2006]. Lo anterior dificulta la limpieza de la superficie dental y puede causar daños en el esmalte sano [Kim M. J. *et al.*, 2005; Vicente A. *et al.*, 2005; Cal Neto J. P., Miguel J. A., 2006].

En contraste, el esmalte puede ser limpiado más fácil y rápidamente cuando la cantidad de adhesivo residual es escasa [Ozer M., Arici S., 2005; Al Shamsi A. *et al.*, 2006].

A pesar de que el índice de adhesivo remanente, como originalmente se describió en 1984, ha sido usado con amplitud como evaluación rutinaria en los estudios de resistencia al descementado y, además, ha recibido algunas modificaciones, también ha sido cuestionado debido a sus aplicaciones clínicas y puntos de vista controversiales entre diversos ortodoncistas. Como el ARI o índice de adhesivo remanente ha sido estudiado por aproximadamente 33 años, la unificación de criterios ha sido muy difícil de lograr entre ortodoncistas e investigadores. Un grupo de expertos afirman que es mejor tener marcadores tipo 3 o 2, pues al tener más adhesivo en la superficie dental se tiene la certeza de que el esmalte permanece intacto y el clínico puede retirar el excedente sin riesgo de dañar la superficie; sin embar-

go, el procedimiento de eliminación de la superficie depende de la habilidad y gentileza del operador. Más adelante se describirán los procedimientos de eliminación del adhesivo posterior al descementado y el pulido de la superficie del órgano dentario. Esta idea ha sido justificada por algunos casos en los cuales los marcadores ARI tipo 0 han dejado daños clínicamente observables sobre la superficie del diente y se considera que siempre a nivel microscópico existirá daño en la superficie. Quizá esta idea sea aceptada en los procedimientos adhesivos que utilizan un sistema convencional con ácido fosfórico, el cual incrementa de modo drástico la resistencia al descementado y exige mayor cuidado al momento de retirar la aparatología. Por otro lado, existe una idea más innovadora: los marcadores ARI 0 o ARI 1 son preferibles para ejercer una menor intervención en el diente durante el procedimiento de limpieza de la superficie dental. Este efecto es deseable cuando se utiliza un sistema de adhesión autograbante, con el cual al momento de retirar la aparatología ortodóncica fija, la superficie presenta menor cantidad de adhesivo residual, y facilita la eliminación con cualquier procedimiento que promueva o preserve la integridad del esmalte. Al hacer una reflexión al respecto, ambas corrientes poseen razones bien fundamentadas, dependiendo del sistema adhesivo empleado y de las condiciones clínicas de cada paciente. En

ambas ideas los clínicos e investigadores pretenden conseguir las mejores condiciones de la superficie del esmalte postratamiento.

Además del sistema adhesivo, otro factor importante que interviene en la cantidad de adhesivo remanente al momento de retirar la aparatología ortodóncica fija es la morfología y diseño de la base de los diversos brackets disponibles en el mercado internacional. En las Figuras 14 y 21 se muestran microfotografías de algunos tipos de bases de brackets; la mayoría de estos diseños proporcionan microretenciones mecánicas para que los materiales de cementación una vez polimerizados puedan crear un efecto estable de unión. En algunos casos –brackets cerámicos o estéticos–, el efecto de unión entre el agente cementante o adhesivo interactúa de manera química con los compuestos de la base del bracket para lograr este efecto.

Este análisis resulta de amplio interés para el ortodoncista, pues en ocasiones la falla adhesiva ocurre a nivel de la interfase adhesivo –base del bracket, y como el marcador ARI 3 lo indica (Figura 20), todo el adhesivo permanece en la superficie del órgano dentario con la impresión del diseño de la base del bracket. Si observamos detenidamente la imagen de la base del bracket de la Figura 21 A, corresponde al marcador ARI 3 de la Figura 20. Nótese la

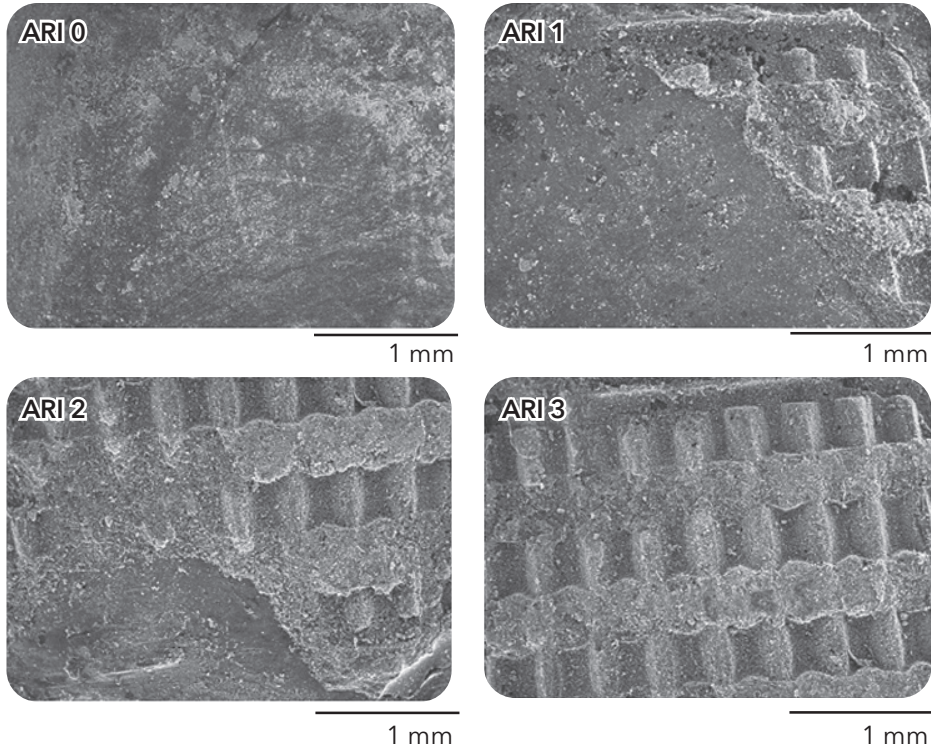


Figura 20. Imágenes de SEM representativas de la puntuación del índice de adhesivo remanente (ARI). 0 = ausencia de adhesivo residual en el diente; 1 = menos del 50% de adhesivo residual en el diente; 2 = más del 50% de adhesivo residual en el diente; 3 = todo el adhesivo residual en el diente, con la impresión de la base del bracket. Magnificación original aumentada 30 veces [Scougall Vilchis R. J. et al., 2007].

impresión de la base sobre el adhesivo remanente.

Las razones por las cuales la cantidad de adhesivo remanente son de gran importancia en la salud bucal de los pacientes son las siguientes: a mayor cantidad de adhesivo en la superficie del esmalte,

mayor será el acúmulo bacteriano, ataque ácido, pigmentación, desmineralización, lesiones incipientes de mancha blanca, pérdida de la estructura dentaria y, en el peor de los escenarios, una lesión cavitada de caries. Lo anterior se debe a la microestructura de los adhesivos y a su composición; a pesar de que

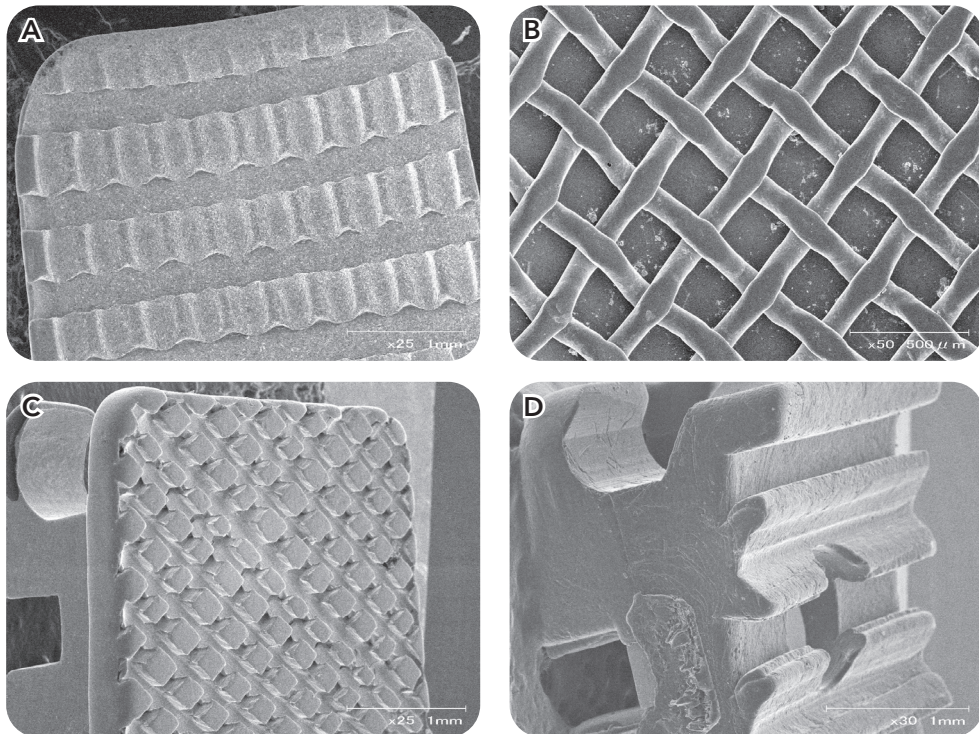


Figura 21. Imágenes de SEM de cuatro diferentes bases de brackets. A) Dyna Lock; B) Disciplina Alexander; C) Base de bracket con diseño cuadrículado; D) Base de bracket con diseño retentivo fabricado con policarbonato. Las bases de las figuras A, B, C, son metálicas, mientras que la figura D corresponde a un bracket estético de policarbonato. Véase también la base de un bracket estético de cristal de zafiro en la Figura 14.

los cementos de ionómero de vidrio pueden ser utilizados para la cementación de brackets, las resinas compuestas son internacionalmente más utilizadas para la colocación de la aparatología ortodóncica fija, pues ofrecen mejores propiedades físicas y mecánicas.

Por lo anterior, el análisis en esta sección se concreta a las resinas compuestas de prescripción ortodóncica. Recordando algunos conceptos descritos en capítulos anteriores, las resinas compuestas están formadas por una matriz orgánica –comúnmente de Bis-GMA–, partículas de relleno –como el óxido de sílice– y un agente de unión (silano orgánico) entre ambos compuestos para evitar el desalojo de dichas partículas. La ultraestructura de una resina compuesta se ilustra en la Figura 4, nótese la morfología de las partículas de relleno dispersas en la matriz. Se ha comprobado que la unión de la placa dentobacteriana es superior a los compuestos de los materiales dentales, a la estructura propia del órgano dentario y a los tejidos blandos circunvecinos. Para el análisis o caracterización química de las resinas compuestas se puede utilizar espectrometría de energía dispersa con rayos X para identificar los elementos que las componen [Scougall Vilchis R. J. *et al.*, 2008; 2009]. Dicho equipo por lo general se puede encontrar en los microscopios electrónicos de barrido y transmisión. En la Figura 22 se muestra una imagen representativa del mapeo correspondiente a los

elementos de una partícula de relleno donde resalta la cantidad del elemento “Si”. En la Figura 23 se muestra la imagen representativa de la espectrometría.

Una vez determinada la caracterización de la resina compuesta, la interpretación de la adherencia microbiana observada mediante microscopía electrónica de barrido revela cierta afinidad de los microorganismos hacia el área de la matriz de la resina; esto se debe a que algunos microorganismos presentan mayor afinidad para los compuestos de carbono, como los hidratos del mismo material, y también a la matriz de la resina que lo contienen. En las Figuras 24 y 25 se demuestra el fenómeno mencionado anteriormente: las partículas de relleno por lo regular son cristales de óxido de sílice y la cantidad de bacterias adheridas disminuye considerablemente en muestras evaluadas *in vitro*. Caso contrario, en resinas con nanopartículas de relleno o bajo contenido de éste se observa un patrón estandarizado.

El tiempo es otro factor importante para la adherencia microbiana: entre más pase sin algún medio mecánico de remoción, como lo es el cepillado dental, la cantidad de placa dentobacteriana se incrementa y el tipo de microorganismos también presenta cambios, incluyendo aquéllos de dimensiones considerables.

En la Figura 27 se muestra la formación de placa dentobacteriana en un

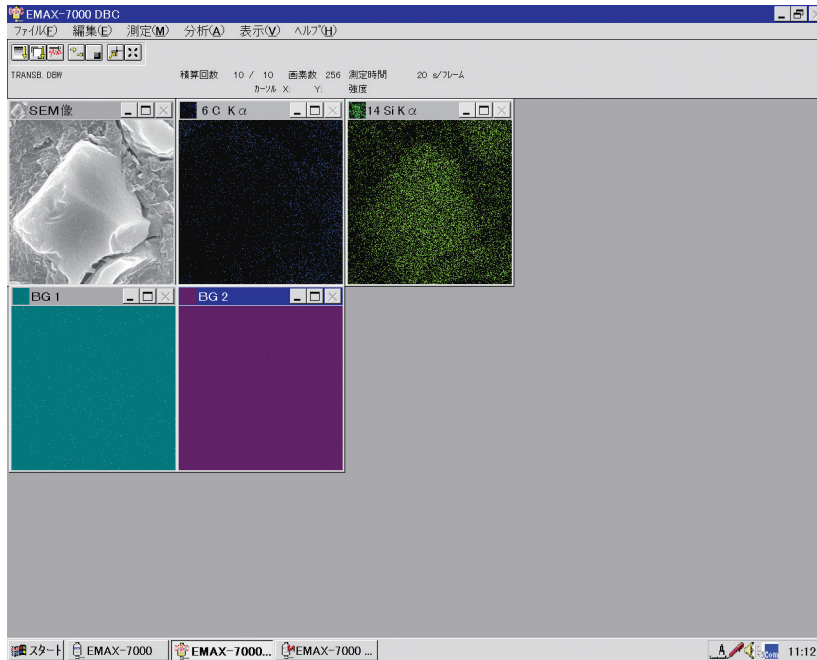


Figura 22. Imagen representativa del microanálisis con energía dispersa de rayos X. Nótese la micrografía de una partícula de relleno correspondiente a una resina compuesta de prescripción ortodóncica (Tranbond XT, 3M Unitek) capturada con SEM. Cada elemento detectado tiene un cuadro con diferente color para representar la cantidad del mismo en la imagen. Este análisis cromático se denomina "mapeo".

especímen fabricado a base de resina compuesta, el cual permaneció en la cavidad bucal por un periodo de 16 horas sin recibir cepillado dental.

En este contexto, las imágenes de las Figuras 28 y 29 muestran especímenes de una resina compuesta que permaneció 24 horas en un ambiente bucal sin cepillado dental.

Gracias a estos análisis y al retomar los principios básicos de los agentes para el acondicionamiento del esmalte, es posible explicar y comprender mejor el fenómeno de pigmentación, lesiones de mancha blanca, caries, etc., los cuales se presentan durante y después del tratamiento activo de Ortodoncia correctiva con aparatología fija. En la Figura 30 se ilustra claramente el

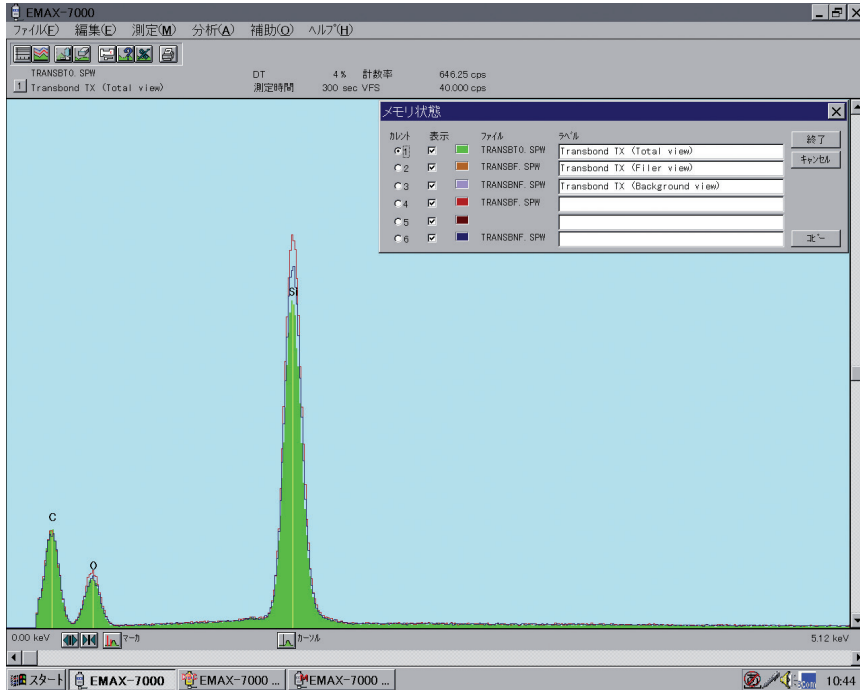


Figura 23. Imagen de la espectrometría obtenida mediante el microanálisis de energía dispersa con rayos X de la resina compuesta Transbond XT (3M Unitek). El área verde corresponde a la panorámica total de la muestra, mientras que la línea de color café refleja el análisis de la partícula de relleno, y la línea morada, el fondo de la matriz de la resina.

complejo mecanismo de la adherencia bacteriana *in vivo* sobre un bloque de resina compuesta.

Por lo anterior, para prevenir los efectos adversos en las lesiones sobre el esmalte, se recomienda planear con anticipación la estrategia preventiva necesaria para el tratamiento ortodóncico. Por ejemplo, adherir los anclajes ortodóncicos con un

sistema adhesivo de autograbado, utilizar una resina con propiedades cromáticas para eliminar el excedente de resina durante la colocación de la aparatología y limpiar la superficie del órgano dentario en su totalidad al debondado para controlar la adherencia bacteriana. Además, es indispensable la motivación y educación del paciente para una higiene óptima y una dieta favorable al tratamiento.

Es importante analizar los hallazgos de un estudio reciente donde se investigó la formación de la biopelícula con 13 tipos de bacterias sobre varios adhesivos ortodóncicos (resina compuesta, compómero y cemento de ionómero de vidrio modificado), con diferentes características superficiales, determinando las bacterias totales con la reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real, en el día 1 (T1) y en el día 4 (T2) [An J. S. *et al.*, 2017]. No se presentaron diferencias significativas en la adhesión total de bacterias entre los diferentes adhesivos; sin embargo, la adhesión de *S. mutans*, *S. sobrinus* y *P. gingivalis* fue mayor sobre el ionómero de vidrio modificado.

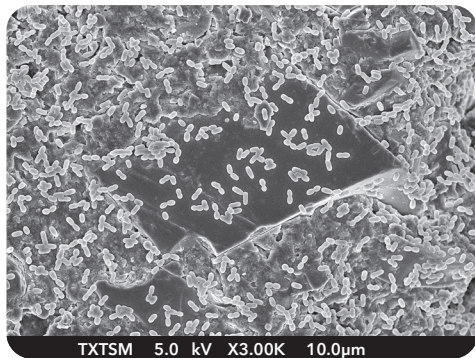


Figura 24. Imagen de resina compuesta con partículas de relleno de tamaño diverso (Transbond XT, 3M Unitek). Después de incubar la resina en un cultivo de *S. mutans*, se observa menor cantidad de microorganismos sobre la superficie de las partículas de relleno en comparación con la matriz de la resina.

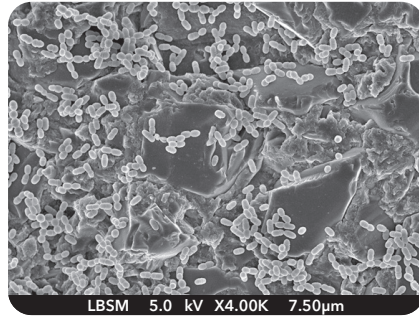


Figura 25. Imagen de una resina compuesta con gran cantidad de partículas de relleno con tamaño homogéneo (Ligth Bond, Reliance Orthodontics Products Inc.). Similar a la Figura 24, después de incubar la resina en un cultivo de *S. mutans*, se observa menor cantidad de microorganismos sobre la superficie de las partículas de relleno en comparación con la matriz de la resina.

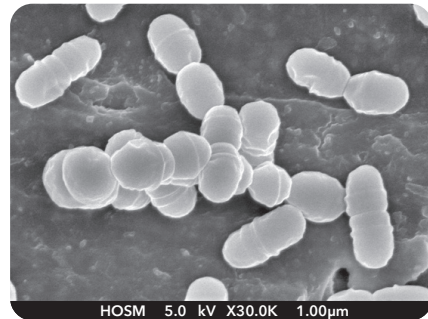


Figura 26. Imagen de una resina compuesta con bajo contenido de partículas de relleno y tamaño nanométrico de la partícula (Heliosit Orthodontic, Ivoclar Vivadent). A diferencia de las Figuras 24 y 25, después de incubar la resina en un cultivo de *S. mutans*, se observa un patrón de adherencia microbiana homogéneo sobre la superficie de la resina compuesta.

La cantidad de *S. mutans*, *S. sobrinus* y bacterias totales aumentó de T1 a T2, mientras que *P. gingivalis* y *A. actinomycetemcomitans* disminuyó. El ionómero mostró una superficie más rugosa debido a la presencia de microporos y/o imperfecciones; por ello, la diferencia de

rugosidad superficial entre los materiales fue 10 veces mayor que la de energía libre superficial. Esto puede ocasionar que la adhesión de *S. mutans*, *S. sobrinus* y *P. gingivalis* sea mayor sobre el ionómero de vidrio. Por lo anterior, la

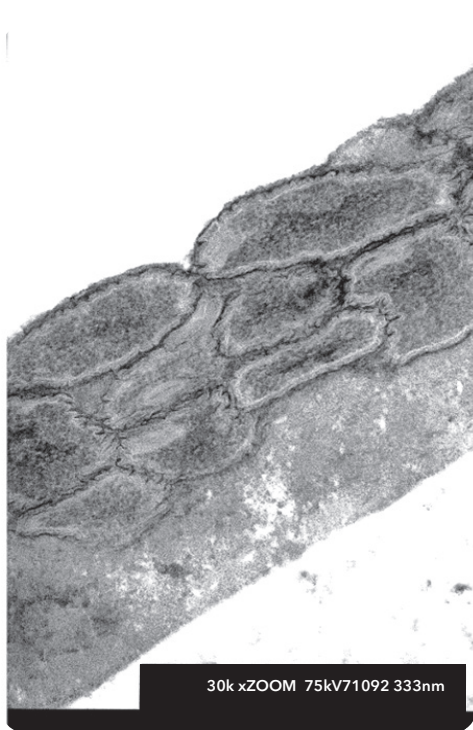


Figura 27. Imagen de microscopía electrónica de transmisión (TEM), representando la formación de la placa dentobacteriana sobre un bloque de resina compuesta que permaneció en la cavidad bucal durante un periodo de 16 horas sin cepillado dental.

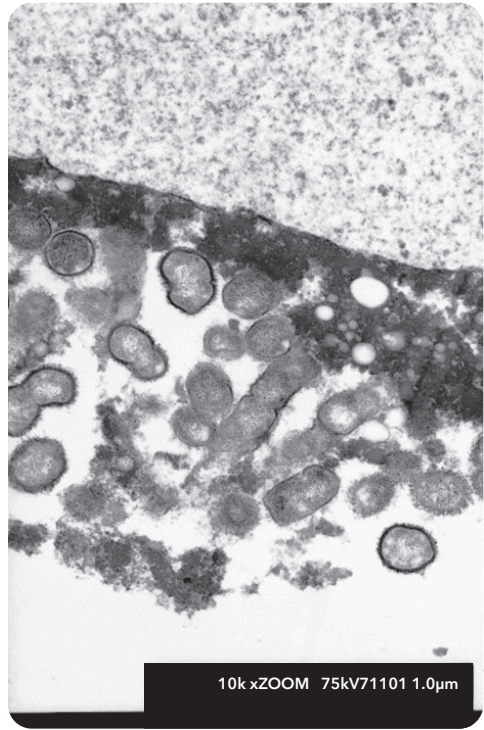


Figura 28. Imagen de microscopía electrónica de transmisión (TEM), representando la formación de la placa dentobacteriana sobre un bloque de resina compuesta que permaneció en la cavidad bucal durante un periodo de 24 horas sin cepillado dental.

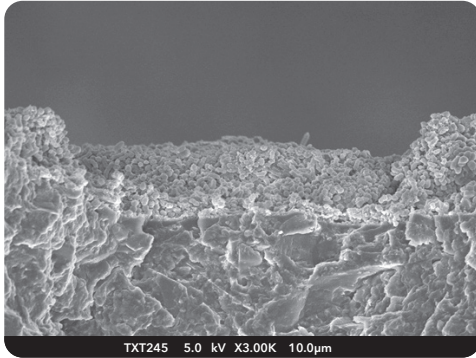


Figura 29. Imagen de microscopía electrónica de barrido (SEM), representando la formación de la placa dentobacteriana sobre un bloque de resina compuesta que permaneció en la cavidad bucal durante un periodo de 24 horas sin cepillado dental.

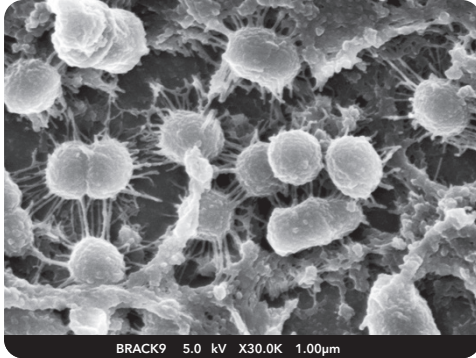


Figura 30. Imagen de SEM donde se muestra el complejo mecanismo de formación de la placa dentobacteriana sobre un bloque de resina compuesta de uso ortodóncico.

resina compuesta es la recomendación ideal para utilizarse en Ortodoncia.

Además, se ha reportado que algunas resinas son mucho más resistentes al termociclado [Daratsianos N. *et al.*, 2013]. En dicho estudio describieron el efecto de fatiga sobre la resistencia del complejo bracket-adhesivo-esmalte y caracterizaron el comportamiento de fatiga de los materiales probados (Transbond XT y Concise, ambos de 3M Unitek). Adhirieron brackets metálicos de incisivo central a 75 dientes bovinos, 15 en el grupo control y tres grupos de 20 sometidos a pruebas de fatiga de 100, 1,000 y 3,000 ciclos, respectivamente. Los especímenes que superaron las pruebas y el grupo control fueron llevados a la máquina universal de pruebas para un ensayo de resistencia al descementado. Se encontró que todos los especímenes sometidos a fatiga tuvieron una disminuida resistencia al descementado. Los especímenes adheridos con Transbond tuvieron un rango menor de fatiga y mostraron un patrón favorable de fractura en contraste con los especímenes evaluados con la otra resina.

Resistencia al descementado de aditamentos ortodóncicos

Además de los brackets ortodóncicos, existen diversos aditamentos que se adhieren sobre la superficie del órgano dentario. Quizás los más utilizados son los tubos para molares, los cuales son una versátil alternativa a las convencionales bandas ortodóncicas. Además, existen diversas formas de botones linguales empleados para rotar o traccionar dientes en malposiciones severas y hasta retenidos o impactados. También hay aditamentos fabricados a base de resina compuesta o algún material fotopolimerizable, los cuales se confeccionan de manera instantánea en la consulta dental con moldes prefabricados.

Botones linguales y accesorios

Después de los brackets y los de los tubos para molares, los botones linguales son los auxiliares más comúnmente utilizados. Los botones linguales en general se adhieren al órgano dentario para coadyuvar en la realización del tratamiento de Ortodoncia correctivo. Estos anclajes son muy útiles para mover dientes retenidos, impactados o que simplemente presentan una mala posición severa y requieren de ayuda especial para su tracción y/o alineación.

Aunque la resistencia al descementado de los brackets metálicos y los estéticos ha sido ampliamente evaluada, muy escasa información de otros aditamentos ortodóncicos está disponible en la literatura relevante. Por lo anterior, en el año 2010 se publicó un artículo donde se determina y compara la resistencia al descementado de botones linguales con base redonda [Scougall Vilchis R. J., 2010].

El procedimiento se realizó sobre la cara lingual de 150 premolares humanos previamente utilizados para evaluar la resistencia al descementado de brackets ortodóncicos. Los dientes fueron divididos en seis grupos iguales ($n = 25/\text{gp}$). La resina utilizada en todos los grupos fue BeautyOrtho Bond (Shofu Inc., Kioto, Japón) y el esmalte se acondicionó con seis diferentes autograbantes. Los botones seleccionados para este estudio fueron de la casa comercial Tomy International (Tokio, Japón). En la Figura 31 se describe un procedimiento adhesivo convencional de un botón lingual.

Por otro lado, la resistencia al descementado se evaluó de modo similar a

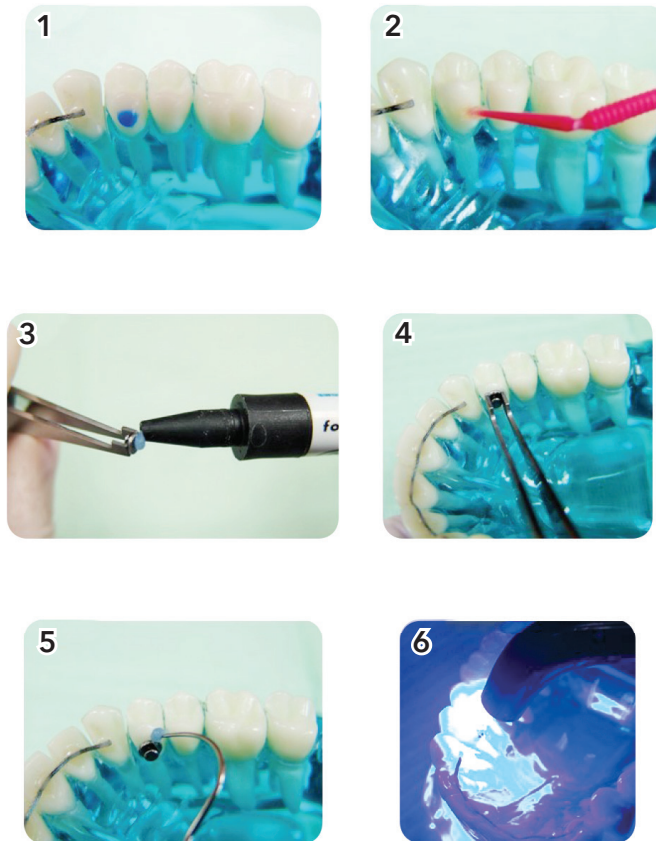


Figura 31. Procedimiento adhesivo de un botón lingual de base redonda. 1) Superficie lingual grabada con ácido fosfórico al 37% durante 15 segundos, lavado y secado de la superficie; 2) Aplicación de un agente adhesivo; como se trata de un sitio de alto riesgo a la contaminación con saliva, se recomienda utilizar agentes de autograbado como los evaluados en la Tabla 11, o un adhesivo hidrofílico como Transbond MIP, el cual se muestra en la imagen; 3) Colocación de la resina compuesta sobre la base; 4) Posicionamiento de un botón lingual; 5) Eliminación del adhesivo remanente; 6) Polimerización del botón durante 3 segundos con una fuente de luz LED.

los procedimientos descritos en capítulos anteriores, con una variante: la carga aplicada fue de tracción, como se muestra en la Figura 32.

En la Tabla 11 se muestran los valores promedio de resistencia al descementado, presentados por los diferentes grupos. En concordancia con reportes previos, el autograbado con Transbond Plus SEP presentó el valor significativamente más alto, mientras que en el grupo IV se observó el valor significativamente más bajo. En conclusión, todos los grupos evaluados presentaron una resistencia al descementado aceptable para su aplicación clínica.

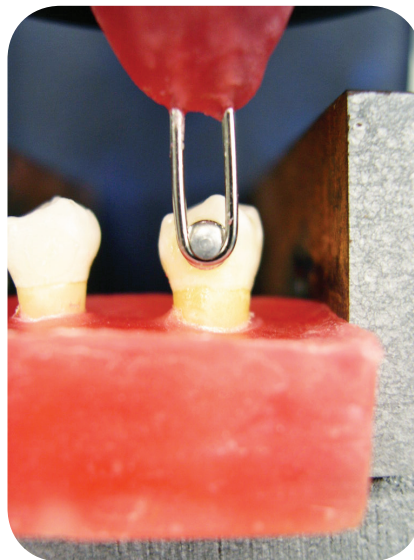


Figura 32. Imagen de una muestra colocada en la máquina universal de ensayos, previo a la prueba de resistencia al descementado.

Tabla 11
Valores de fuerza de adhesión media (MPa) y estadística descriptiva

Grupo (SEP)	Media \pm ^a DE	^b Scheffér
I (Primer A & B)	10.7 \pm 2.4	A
II (Transbond Plus SEP)	11.3 \pm 3.1	B
III (Clearfil Mega Bond FA)	9.9 \pm 1.6	C
IV (AdheSE)	7.7 \pm 1.7	A, B, D
V (Peak SE & Peak LC)	10.9 \pm 2.8	D
VI (Bond Force)	10.5 \pm 1.6	E

^aDE = Desviación estándar.

^bGrupos con letras iguales presentan diferencias estadísticas significativas.

Respecto al índice de adhesivo remanente, también se observaron diferencias estadísticas significativas de acuerdo con el análisis de chi cuadrada ($\chi^2 = 35.428$; $df = 15$ $p = 0.0021$). En términos generales, se encontró muy poca frecuencia de marcadores ARI 3, y el marcador ARI 1 fue el más frecuente con al menos 50% de adhesivo residual.

Debido a la mejora de las resinas compuestas en relación con sus propiedades físicas y mecánicas, el uso de minimoldes fabricados con silicón se ha convertido en una alternativa popular y versátil en la Ortodoncia contemporánea. En la Figura 33 se muestra el procedimiento de fabricación de una rampa de mordida, utilizando un minimolde y una resina con propiedades cromáticas, efecto importante para eliminar el adhesivo de la superficie dentaria al retirar el aditamento.

En la práctica ortodóncica, los casos con problemas severos de mordida profunda o sobremordida vertical impiden la colocación de la aparatología fija ortodóncica en las caras vestibulares, pues al momento de ocluir los brackets de los dientes anteroinferiores pueden ser descementados. En respuesta a esta problemática, habría de retardarse el tratamiento en la arcada inferior, lo cual no es recomendable, pues los tratamientos requieren mucho mayor tiempo para terminarse. Otra alternativa es la colocación de pistas oclu-

sales sobre molares o premolares en pacientes adultos (o cualquier diente deciduo en niño o pacientes adolescentes con dentición mixta); sin embargo, pueden estar contraindicadas en algunos casos (Figura 34).

Finalmente, existen aditamentos prefabricados similares a los brackets linguales o los bloques fabricados con resina compuesta, como las rampas de mordida; sin embargo, existe poca información sobre la resistencia al descementado de tales aditamentos. Por lo anterior, 60 órganos dentales de ganado vacuno fueron recolectados (las extracciones se realizaron en animales sacrificados en el rastro municipal de la ciudad de Toluca, Estado de México) y almacenados en una solución de timol al 0.02%, para inhibir el crecimiento bacteriano. Los dientes fueron divididos aleatoriamente en dos grupos iguales ($n = 30/gp$), y posteriormente se fijaron en resina acrílica para facilitar la manipulación y así medir la resistencia al descementado.

El procedimiento se realizó de la siguiente manera:

Grupo I: Se fabricaron los aditamentos ortodóncicos tipo "rampas de mordida" de 3 mm, utilizando minimoldes prefabricados (Mini molds, Ortho Arch Co., Schaumburg, Alemania) y una resina compuesta que varía su color al cambio de temperatura (Grenloco Ormco Corp., Orange, Calif., EUA).

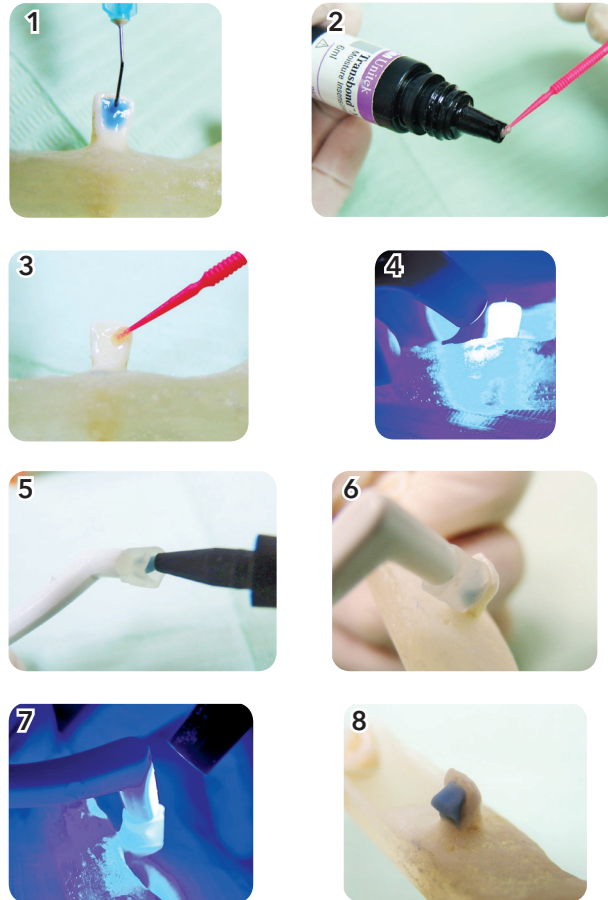


Figura 33. Procedimiento para la fabricación y colocación de un aditamento tipo rampa de mordida con minimoldes y resina compuesta de prescripción ortodóncica. 1) Superficie lingual grabada con ácido fosfórico al 37% durante 15 segundos, lavado y secado de la superficie; 2) Agente adhesivo hidrofílico Transbond MIP; 3) Aplicación del adhesivo hidrofílico, por tratarse de un sitio de alto riesgo a la contaminación con saliva; 4) Polimerización del adhesivo en caso de trabajar sin asistente (opcional); 5) Colocación de la resina compuesta inyectándola en el minimolde; 6) Posicionamiento del minimolde en la parte deseada de la superficie palatina del diente anterosuperior; 7) Polimerización durante 3 o 6 segundos con una fuente de luz LED; 8) Vista de la rampa de mordida terminada en un procedimiento clínicamente rápido y funcional en casos de mordida profunda.

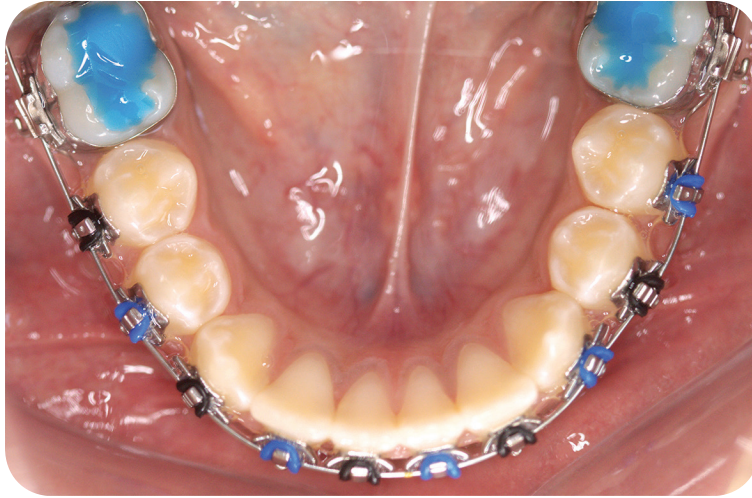


Figura 34. Pistas oclusales fabricadas con agente cementante de bandas para generar desoclusión anterior y permitir la colocación de los aparatos ortodóncicos fijos. Es importante que las pistas tengan un color diferente al órgano dentario para facilitar su remoción sin dañar la superficie de este último (capítulo V).

Grupo II: Se fabricaron los aditamentos ortodóncicos tipo “rampas de mordida” de 3 mm, utilizando minimoldes prefabricados (Mini molds, Ortho Arch Co.) y una resina compuesta que cambia de color al fotopolimerizar (Transbond Plus Color Change, 3M Unitek).

En ambos grupos, cada rampa de mordida de 3 mm se colocó en la superficie lingual de los órganos dentarios y fotopolimerizados por 20 segundos con una fuente de luz halógena (QHL75 Dentsply, EUA). La resistencia al descementado se evaluó

como se muestra en la Figura 35 a una velocidad de 1 mm/min. Los resultados fueron capturados en Newtons y convertidos en MPa. Se capturó la media, desviación estándar y se aplicó la prueba t de Student para evaluar si existieron diferencias estadísticas significativas entre grupos.

En la Tabla 12 se muestran los valores de resistencia al descementado de ambos grupos. Los resultados fueron muy consistentes, sin diferencias estadísticas entre los dos tipos de resinas compuestas evaluadas ($t = .042$; $df = 29$; $p = 0.933$).

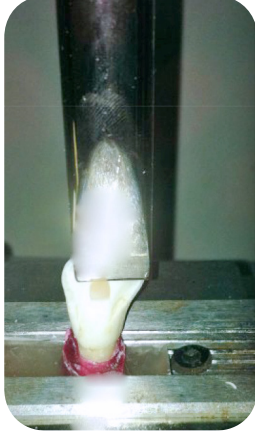


Figura 35. Carga ocluso-gingival en la interfase rampa de mordida-diente.

Con las pruebas realizadas, se concluye que la resistencia al descementado de los aditamentos ortodóncicos, fabricados con ambas resinas, presentaron valores superiores al estipulado para tolerar fuerzas ortodóncicas. Por lo anterior, cualquiera de las dos resinas puede aplicarse con éxito.

Adhesión directa de tubos *vs.* cementado de bandas

Los grandes avances en adhesión dental han permitido el uso de aparatología fija ortodóncica libre de bandas. Antiguamente, los tratamientos ortodóncicos con aparatología fija obligaban al operador a confeccionar bandas en todos los órganos dentarios y posteriormente soldar el bracket para amarrar o ligar los arcos de alambre. Este tedioso procedimiento motivó a los clínicos e investigadores a confeccionar bandas prefabricadas de diversos tamaños para colocar la que ajustara mejor en cada diente. Dicho concepto revolucionó la ortodoncia de aquella época y, a pesar de que la adhesión directa de los brackets libres de banda -utilizando un sistema de resina compuesta- desplazó el uso de las bandas, el método es preservado hasta hoy día, al ser los molares los órganos dentarios que con mayor frecuencia se bandean por presentar mayor intensidad en las fuerzas de masticación, presencia de restauración

Tabla 12
Valores de la resistencia al descementado expresados en MPA

Grupo	^a n	Media	^b DE	Rango
I	30	17.2	7.3	4.7-33.9
II	30	17.4	7.4	3.1-31.0

^an = Tamaño de la muestra.

^bDE = Desviación estándar.

metálica o cerámica, así como en aquellos casos donde es necesario soldar un arco o algún aparato a ellas.

Actualmente, el ortodoncista moderno utiliza con mayor frecuencia tubos adheridos directamente a los molares en lugar de bandas prefabricadas. De cualquier manera, las bandas siguen usándose con gran éxito y están indicadas en varias situaciones clínicas, incluso en casos quirúrgicos.

Algunos de los inconvenientes de la colocación de las bandas perfectamente bien ajustadas son el incremento de la distancia interproximal, la inserción gingival que puede provocar dolor o incomodidad a los pacientes, así como mayor acúmulo de placa dentobacteriana e interfase diente-banda que puede acompañarse de microfiltración (Figura 36).

Al analizar los problemas presentes al colocar bandas ortodóncicas en cuanto a la interfase diente-banda (microfiltración, acúmulo microbiano, desmineralización, caries y destrucción dental), es de vital importancia el tipo de cemento utilizado para la colocación de las mismas bandas. Anteriormente, el patrón de oro para el cementado de bandas fue el uso de los cementos de fosfato de zinc; en años recientes, se suplantaron con los cementos de ionómero de vidrio. Del mismo modo, los cementos modificados con resina compuesta han

sido la elección para la colocación de las bandas. Sin embargo, existen pocos estudios de las propiedades antimicrobianas que ofrecen estos materiales dentales. Los cementos de ionómero de vidrio ofrecen la ventaja de poseer propiedades bacteriostáticas; sin embargo, los cementos convencionales de ionómero de vidrio, al fraguar, dejan una superficie con grietas y así se provoca la agregación microbiana. Dicho efecto adverso se produce por la composición química y propiedades del material; su acción corrosiva se debe a la mezcla que se realiza manualmente atrapando microburbujas. En respuesta a esa problemática, diversas casas comerciales, con apoyo de prestigiosos investigadores, desarrollaron nuevos materiales para cementación de bandas, las cuales no requieren de una mezcla convencional polvo y líquido, y ofrecen materiales con mezclado automático o bien en un solo componente. De cualquier manera, la cementación de bandas ortodóncicas continúa siendo una alternativa efectiva para la colocación de anclajes ortodóncicos con una excelente estabilidad (Figura 37).

Por otra parte, la comodidad de adherir los tubos directamente sobre la cara vestibular de los molares se ha convertido en el procedimiento de elección de los ortodoncistas contemporáneos. Lo anterior brinda una gran comodidad para los pacientes, estabiliza los puntos

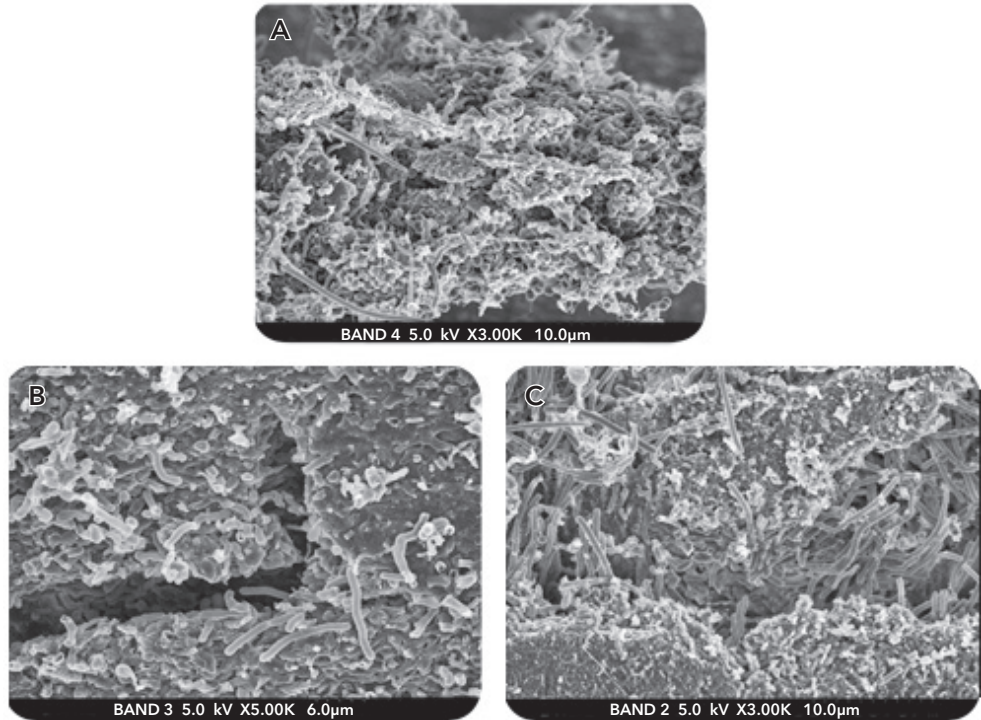


Figura 36. Imágenes de microscopía electrónica de barrido que muestran el interior de una banda ortodóncica al momento de finalizar el tratamiento correctivo. La cantidad de microorganismos acumulados es superior a los observables en un tubo adherido directamente al molar o a cualquier bracket. A) Vista panorámica de la placa dentobacteriana formada en el interior de una banda ortodóncica *in vivo*; B) Obsérvese la profundidad de la placa dentobacteriana acumulada en la banda; C) La cantidad de microorganismos que se observan en la banda puede provocar desmineralización, caries y/o destrucción de la estructura dentaria.



Figura 37. Imágenes intraorales a nivel lateral y oclusal de un paciente tratado con aparatología ortodóncica fija y con bandas en todos los primeros y segundos molares. Nótese cómo el avance terapéutico ha evolucionado de manera satisfactoria.

de contacto proximales y permite mantener la salud gingival.

En la Figura 38 se muestra el procedimiento de elección para la adhesión directa de tubos ortodóncicos. Es altamente recomendable contar con dispositivos portatubos como el de la imagen de la Figura 38, y con medios eficaces para controlar la humedad, como las obleas absorbentes con parte reflectora para potencializar el efecto polimerizante de la fuente de luz.

Dentro de los beneficios más importantes del cementado directo de los tubos, destacan la mayor comodidad tanto para el paciente durante el tratamiento activo como para el operador al momento de cementar y retirar los anclajes, puntos de contacto más estables. Esto facilita realizar una mejor higiene y prevenir la formación indeseable de lesiones de mancha blanca o caries incipiente, así como la formación de lesiones gingivales.

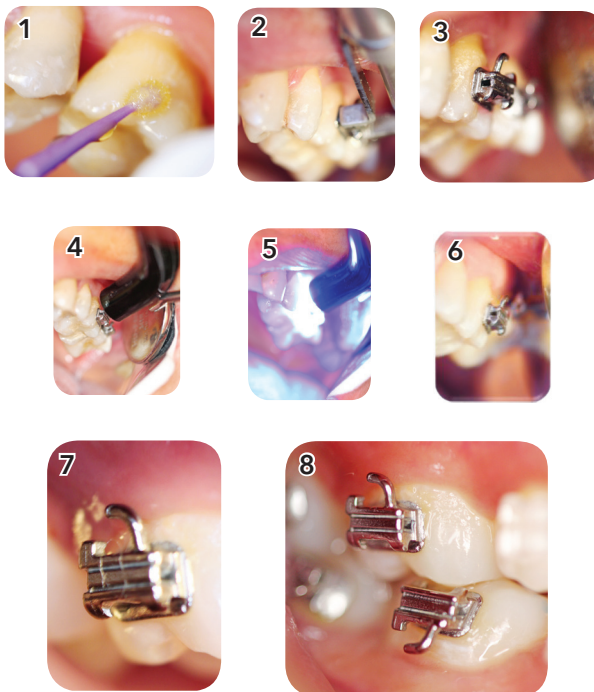


Figura 38. Ilustraciones del protocolo recomendado para adherir tubos a los molares mediante un sistema adhesivo. Dispositivo portatubos y obleas absorbentes para controlar la humedad. 1) Posterior a la profilaxis, se autografa el órgano dentario durante 3 segundos; 2) Colocación del tubo directo; 3) Eliminación de excedentes; 4 y 5) Fotopolimerización de los tubos; 6 y 7) Tubo perfectamente bien cementado; 8) Es indispensable revisar la oclusión para evitar interferencias y prevenir la falla adhesiva del tubo.

Resistencia al descementado de retenedores adheridos o fijos

El tratamiento ortodóncico activo termina en el momento de retirar la aparatología fija; sin embargo, existe una nueva etapa del tratamiento cuyo inicio se da en ese momento; esta fase se llama “de contención o retención”. Dicha fase es de cuidado extremo y requiere gran cooperación del paciente para prevenir recidivas de los problemas de maloclusión. Por ejemplo, cuando un paciente se enferma de algún padecimiento gastrointestinal, visita al médico, y después de un adecuado tratamiento recupera su salud; no obstante, eso no lo exenta de presentar en un futuro cercano una nueva enfermedad del mismo tipo. Entonces el médico puede recomendar algunas consideraciones importantes para evitar que el paciente tenga un cuadro patológico recurrente.

Esta explicación se debe realizar para que los pacientes tratados ortodóncicamente reflexionen y comprendan la importancia de utilizar de manera adecuada sus aparatos de retención y evitar así que la enfermedad dentomaxilar o maloclusión tiendan a recidivar.

En términos generales, se utilizan aparatos removibles, fijos o combinaciones de ambos, los cuales serán descritos con

detalle a continuación. Esta etapa aún es la más impactante y en los últimos años ha sido el centro de atención para el desarrollo de diversas investigaciones en relación con la estabilidad a largo plazo, pues sin lugar a dudas es el objetivo primordial de un tratamiento exitoso de ortodoncia.

Tipos de retenedores

Como se mencionó con anterioridad, se utilizan aparatos removibles, fijos o combinaciones de ambos (Figura 39).

Los aparatos removibles presentan las siguientes ventajas: pueden ser retirados en cualquier momento y brindan gran facilidad para realizar la higiene bucal, comer o interactuar en un evento que requiera gran estética; como desventajas, los aparatos pueden extraviarse si no se tiene el cuidado necesario, el paciente quizá los dañe o rompa si no los coloca en su estuche y también los aparatos pueden acumular sarro cuando no existe la higiene adecuada.

Los aparatos de retención fijos presentan la ventaja de no requerir cooperación del paciente. Nunca se pierden, pues están adheridos a los órganos denta-



Figura 39. Imágenes representativas de dos casos en fase de contención. En el caso ilustrado en la parte superior, se muestra la recomendación ideal para pacientes mexicanos con malocclusiones ligeras; en la arcada superior se observa el retenedor removible y en la inferior el retenedor fijo. En el segundo caso, se muestran ambas arcadas con retenedores adheridos. Los modelos de yeso son recomendables para la confección de los retenedores. Existen materiales que se ajustan a la perfección a cualquier morfología de la superficie lingual del diente como se muestra en las imágenes.

rios. El paciente los utiliza las 24 horas. Por otra parte, las desventajas son que pueden descementarse y requieran una cita de emergencia para su reparación; al estar fijos, promueven el acúmulo de alimento, placa dentobacteriana y sarro.

Por lo anterior, no existen aparatos de retención 100% seguros y en ocasiones los ortodoncistas necesitamos prescribir el uso de ambos y supervisarlos para confirmar su eficacia. El uso de estos aparatos paulatinamente se reduce hasta dar de alta al paciente; es importante precisar que para este fin los dientes están en constante movimiento y existe una tendencia de ellos para migrar a la línea media.

Como en el presente libro la información se concreta a los procedimientos adhesivos, a continuación se describirán ampliamente los procedimientos y valores de resistencia al descementado de los retenedores fijos. Sin embargo, para el autor los aparatos de retención removibles son una gran alternativa y se utilizan con mayor frecuencia que los fijos.

Protocolo de adhesión de retenedores fijos

Aunque los retenedores fijos adheridos a la superficie lingual de los órganos dentarios representan un procedimiento ampliamente utilizado a nivel internacional por la mayoría de los ortodoncistas, existe muy poca información respecto

a la resistencia al descementado de los aparatos.

Debido a su popularidad, el tipo de retenedor fijo es altamente variable, desde un alambre multitrenzado de diferentes calibres, barras de grosores diversos y con retenciones en la superficie o en el canto, cadenas como las mostradas en la parte inferior de la Figura 39 —disponibles en acero inoxidable y en oro blanco—, arcos de alambre soldados a bandas en caninos, retenedores fijos con mallas similares a los brackets para colocarse en la superficie de cada diente, entre otros tipos.

Además, existen incontables sistemas adhesivos para poder adherir un retenedor lingual. En las Figuras 40 y 41 se muestran imágenes del protocolo convencional para la adhesión de retenedores linguales con una barra metálica y una resina compuesta de baja viscosidad o fluida.

Por la problemática expuesta, se realizó un estudio con 120 premolares extraídos por motivos ortodóncicos, los cuales se almacenaron en una solución al 0.02% de timol para inhibir el crecimiento bacteriano. El criterio de selección para los dientes fue similar al descrito anteriormente, siguiendo los más rigurosos parámetros. Los dientes fueron divididos de manera aleatoria en cuatro grupos iguales ($n = 30/\text{grupo}$). En todos los casos se empleó el retenedor lingual

fijo Retainium (Reliance Orthodontics Products, Itasca, EUA), disponible en el mercado como barras de alambre de Titanio con la superficie tratada para incrementar la resistencia al descementado.

En todos los órganos dentarios, la superficie lingual se pulió por 10 segundos utilizando una copa de hule a baja velocidad y pasta profiláctica libre de fluoruro. Acto seguido, los dientes fueron lavados con agua por 30 segundos y secados con aire comprimido libre de contaminantes.

En los grupos I y II, el esmalte fue grabado con ácido fosfórico (H_3PO_4) al 37% durante 15 segundos, lavado con agua y secado con aire comprimido hasta adquirir una apariencia de tiza blanca. Se utilizó el mismo adhesivo en la superficie grabada (Transbond MIP) y los retenedores se cimentaron con Transbond LR Adhesive (3M Unitek), mientras que en el grupo II fueron cementados con Transbond PLUS Light Cure Band Adhesive (3M Unitek) y fueron fotopolimerizados con Ortholux Luminous Curing Light (3M Unitek) durante un total de 12 segundos.

En los grupos III y IV el esmalte de los premolares se sometió a una desprotección de la superficie con hipoclorito de sodio (NaOCl) al 5.25% durante 1 minuto, previo al grabado con ácido fosfórico al 37% por 15 segundos y los

retenedores se adhirieron con los mismos materiales empleados en los grupos I y II. En el grupo III se utilizó Transbond LR Adhesive y en el grupo IV Transbond PLUS Light Cure Band Adhesive. El fotopolimerizado se realizó de la misma manera que en los grupos I y II: durante 12 segundos con Ortholux Luminous Curing Light.

Para estandarizar la cantidad de adhesivo, se utilizaron minimoldes de silicón (Ortho Arch, Wire Bonded) en los cuatro grupos.

Los dientes se fijaron en resina acrílica con una plantilla para alinear la superficie lingual del diente de manera paralela a la fuerza aplicada durante la prueba de resistencia al descementado. Las muestras se almacenaron en agua destilada a temperatura de 37°C durante 24 horas para simular las condiciones orales.

Posteriormente, una carga ocluso-gingival fue aplicada a nivel de la interfase retenedor-diente para producir una fuerza de desprendimiento, lo cual se consiguió con el extremo aplanado de una barra de acero unida a la máquina de ensayos universales (Autograph AGS-X, Shimadzu Corporation, Tokio, Japón). Los valores de la resistencia al descementado se determinaron a una velocidad de 1 mm/min; la carga aplicada al desprendimiento fue registrada y convertida en Megapascales (MPa). El



Figura 40. Protocolo de adhesión de un retenedor lingual fijo inferior. 1) Confección del retenedor; 2 y 3) Acondicionamiento con ácido fosfórico al 37% durante 15 segundos; 4 y 5) Aplicación de un adhesivo hidrofílico; 6) Fotopolimerización del adhesivo con técnica de abanico; 7) Colocación de hilo dental; 8) Hilos completos con ojales para insertar el retenedor; 9) Retenedor lingual firmemente adaptado con ayuda de los hilos dentales; 10) Colocación de la resina; 11) Fotopolimerización por 10 segundos; 12 y 13) Retenedor perfectamente adherido.

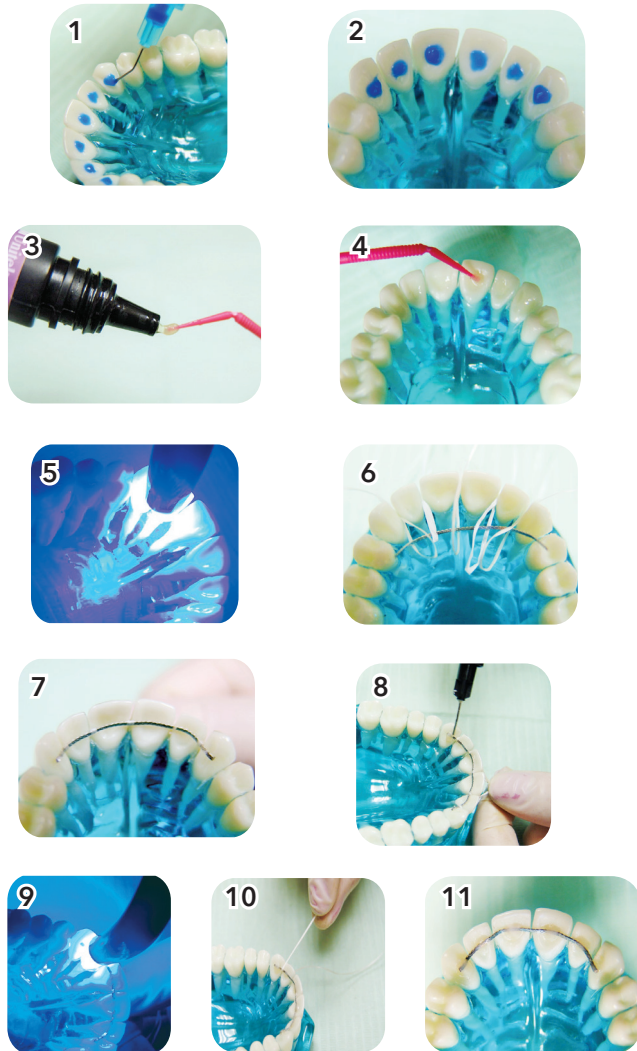


Figura 41. Protocolo de adhesión de un retenedor lingual fijo superior. 1 y 2) Acondicionamiento con ácido fosfórico al 37% durante 15 segundos; 3 y 4) Aplicación de un adhesivo hidrofílico; 5) Fotopolimerización del adhesivo con técnica de abanico; 6) Colocación de hilo dental con ojales para insertar el retenedor; 7) Retenedor lingual firmemente adaptado con ayuda de los hilos dentales; 8) Colocación de la resina; 9) Fotopolimerización por 10 segundos; 10) Retiro de los hilos; 11) Retenedor perfectamente adherido.

análisis estadístico descriptivo se hizo para calcular la media, desviación estándar y valores máximos y mínimos. Del mismo modo, se realizó la prueba ANOVA de un factor con significancia de $p \leq 0.05$.

Una vez realizada la prueba de resistencia al descementado, la cantidad de adhesivo residual en la superficie de los dientes se evaluó de acuerdo con la puntuación original del índice de adhesivo remanente (ARI). La prueba estadística de X^2 se usó para analizar el ARI.

Los resultados obtenidos en todos los grupos demostraron que los sistemas adhesivos evaluados en este estudio presentan valores clínicamente aceptables de resistencia al descementado (Tabla 13). No obstante, la prueba de comparaciones múltiples (ANOVA de un

factor) indicó que el valor medio del grupo III (42.6 ± 16.7 Mpa) presentó diferencias significativas con los grupos I (31.1 ± 12.2 Mpa) y II (27.6 ± 15.7 Mpa). Mientras que el grupo IV (37.4 ± 10.1 Mpa) presentó diferencias significativas con el grupo II (27.6 ± 15.7 Mpa). De tal manera que el grupo III presentó mayor resistencia al descementado en comparación con el resto. Dichos resultados sugieren que la desprotección del esmalte con hipoclorito de sodio incrementa de modo significativo la resistencia al descementado sin importar el sistema adhesivo utilizado.

Por otra parte, como se muestra en la Tabla 14, la comparación de los resultados del adhesivo remanente mediante la prueba X^2 (15.91) reveló que los grupos no fueron diferentes en mayor grado ($p = 0.069$).

Tabla 13
Análisis estadístico de la resistencia al descementado de retenedores linguales, con valores expresados en MPa

Grupos	Media	^a DE	Rango	^b ANOVA
I	31.1	12.2	49.1	A, C
II	27.6	15.7	72.6	A
III	42.6	16.7	69.2	B, D
IV	37.4	10.1	38.5	C, D

^aDE = Desviación estándar.

^bLetras iguales no presentan diferencias significativas entre grupos.

En comparación con los demás grupos, el grupo I presentó una frecuencia más alta en el marcador ARI 0 y 3, el grupo II en el marcador ARI 2 y el grupo III en el marcador ARI 1. El grupo II fue el único en el cual no se observó el marcador ARI 0. Cabe mencionar que el uso de Transbond PLUS Light Cure Band Adhesive nos permite retirar el excedente de los retenedores fijos con mayor facilidad posterior al descementado, pues presenta un color diferente al órgano dentario.

Los sistemas adhesivos específicos para la adhesión de retenedores linguales se caracterizan por su fácil aplicación y

durabilidad en la cavidad bucal, evitando así numerosos factores que pueden afectar la resistencia al descementado. Utilizar como sistema adhesivo el cemento para bandas resulta conveniente en la adhesión de retenedores linguales, teniendo pros y contras al ser comparado con un sistema específico para la adhesión de retenedores linguales.

Es importante mencionar que, bajo las circunstancias del presente estudio, los cuatro grupos mostraron valores medios de resistencia al descementado superiores al valor promedio suficiente para tolerar fuerzas ortodóncicas y de masticación.

Tabla 14
Distribución de frecuencia y porcentaje (%) del ARI

Grupos	0	1	2	3
I	8(26.6)	15(50)	2(6.6)	5(16.6)
II	0(0.0)	16(53.3)	11(36.6)	3(10)
III	6(20)	17(56.6)	5(16.6)	2(6.6)
IV	5(16.6)	15(30)	6(20)	4(13.3)

$\chi^2 = 15.9$, $gl = 9$, $p = 0.069$.

Fue relevante que al momento de realizar el descementado de los retenedores linguales no se presentaron fracturas en la estructura del esmalte dental; lo anterior, a pesar de que se ha reportado un incremento de dichas fracturas, cuando la fuerza de adhesión excede los

14MPa. Por tal motivo, se ha dado gran importancia a las técnicas de descementado por parte del ortodoncista, a la cantidad de adhesivo remanente y al efecto del procedimiento adhesivo empleado, con la finalidad de evitar el daño a las superficies del esmalte.

Los valores medios de la resistencia al descementado de los grupos III y IV fueron superiores a los grupos I y II, lo cual coincide con estudios previos [Bishara S. E. *et al.*, 2001; Espinoza R. *et al.*, 2009] que han mostrado que la desprotección del esmalte con hipoclorito de sodio al 5.25% durante un minuto, previo al grabado ácido, aumenta la superficie retentiva del esmalte; asimismo, desprotección es un elemento fundamental para que el ácido fosfórico ejerza su acción sobre la superficie de esmalte a tratar, teniendo como resultado la posibilidad de obtener mayor retención [Oshawa T., 1972].

En el presente estudio, el uso de hipoclorito de sodio mostró ser clínicamente relevante durante la adhesión de retenedores linguales, pues éstos generalmente son adheridos en superficies donde se presenta mayor riesgo de contaminación por saliva, placa y sarro (principalmente en los dientes de la arcada inferior), en donde el pulido de dichas superficies no garantiza la eliminación de los componentes orgánicos inmersos en el esmalte. De esta manera, la desprotección con hipoclorito de sodio resulta un procedimiento altamente recomendable, pues favorece la remoción del material orgánico que impide un adecuado grabado de la superficie y limita la adhesión de los retenedores linguales.

En los grupos en los cuales el retenedor fue adherido con Transbond LR Adhesive (grupos I y III), la resistencia al descementado fue superior en comparación con los grupos en los cuales el retenedor se adhirió con Transbond PLUS Light Cure Band Adhesive, siempre y cuando se hubiera empleado el mismo procedimiento adhesivo (al realizar el grabado ácido únicamente o una desprotección con hipoclorito de sodio, previa al grabado ácido). Lo anterior sugiere que la Transbond LR Adhesive puede considerarse como la mejor opción cuando la resistencia al descementado y durabilidad son requeridas.

Por otra parte, en este estudio se demostró que Transbond PLUS Light Cure Band Adhesive también puede emplearse en la adhesión de retenedores linguales, pues éste presentó valores medios de resistencia al descementado superiores a los considerados suficientes para tolerar fuerzas de masticación.

En cuanto al índice de adhesivo remanente, no existieron diferencias estadísticas significativas entre los grupos evaluados. El marcador con mayores frecuencias en los cuatro grupos fue ARI 1.

En la práctica ortodóncica, la limpieza de la superficie del esmalte puede ser más fácil, rápida y con menor intervención

cuando se encuentra una mínima cantidad de adhesivo residual. En este estudio, a pesar de la similitud en cuanto a cantidad de adhesivo remanente en los cuatro grupos, la realización de la desproteínización con hipoclorito de sodio representa mayor complicación durante el proceso de limpieza de la superficie del esmalte, pues este procedimiento se traduce en un aumento en la superficie retentiva, incrementando así la retención del adhesivo, con la posibilidad de dañar al esmalte durante el proceso de limpieza [Ozer M. & Aricis S., 2005]. De tal forma, el empleo de adhesivos diseñados para la adhesión de bandas -elaborados de un color distinto al de los dientes- resulta benéfico en el proceso de debondado de retenedores linguales, pues esta misma coloración facilita su remoción y minimiza la posibilidad de daño en la superficie del esmalte.

Con los resultados de este estudio *in vitro*, se puede concluir lo siguiente:

- La resistencia al descementado de todos los grupos demuestra que los sistemas adhesivos evaluados presentan valores clínicamente aceptables y que los retenedores linguales pueden ser exitosamente adheridos con cualquiera de éstos.
- A pesar de no haberse encontrado fracturas del esmalte al momento de realizar el descementado de los retenedores, el ortodoncista en su

práctica clínica debe ser cuidadoso al realizar el descementado.

- La desproteínización del esmalte con hipoclorito de sodio al 5.25% durante un minuto, previo al grabado ácido, incrementa significativamente la resistencia al descementado, sin importar el sistema adhesivo utilizado.
- Los grupos donde los retenedores fueron adheridos con el sistema Transbond LR Adhesive presentaron valores medios de resistencia al descementado, superiores en comparación con los grupos donde se empleó Transbond PLUS Light Cure Band Adhesive, lo cual sugiere que dicho sistema desarrollado para la adhesión de retenedores linguales representa una mejor opción de adhesión cuando se requiere mayor durabilidad.
- No existieron diferencias estadísticas significativas respecto a la cantidad de adhesivo remanente; sin embargo, la realización de la desproteínización mediante el uso de hipoclorito de sodio puede complicar el procedimiento de limpieza, debido al incremento de la superficie retentiva del esmalte.
- El uso de un adhesivo de color diferente al órgano dentario como Transbond PLUS Light Cure Band Adhesive presenta ventajas en el procedimiento de limpieza, pues su coloración facilita la remoción durante el debondado del retenedor lingual.

En otro estudio de retenedores fijos, evaluaron diferentes calibres de alambre trenzado (0.0175", 0.0215", 0.032") y dos diferentes sistemas adhesivos -para probar un total de 120 muestras-, sometidos a 500 ciclos de termociclado [Al-Nimri K., Al-Nimri-J., 2015]. Similar a nuestros resultados, el adhesivo específico para retenedores (Transbond LR) presentó una resistencia al descementado significativamente mayor cuando se utilizó con el alambre 0.0215". En contraste, el calibre 0.032" presentó la menor fuerza de adhesión, sin importar el sistema adhesivo utilizado. Con estos resultados concluyeron que la combinación óptima para maximizar la fuerza de adhesión de retenedores ortodóncicos fijos se consiguió al usar un adhesivo específico para retenedores y un alambre de calibre 0.0215".

Además, como una alternativa a la aplicación de hipoclorito de sodio para incrementar la resistencia al descementado, existen aditivos para aumentar la fuerza de adhesión. En este contexto, un grupo de prestigiosos investigadores publicaron un artículo donde el objetivo fue determinar la influencia de dos aditivos para adhesión sobre la resistencia al descementado y la localización de la falla de la adhesión en brackets cementados con técnica indirecta [Kanashiro L. K. *et al.*, 2013]. Para ese estudio, los autores seleccionaron un total de 60 dientes bovinos divididos en tres grupos en

los cuales el esmalte fue grabado con ácido fosfórico al 37%: 1) Usaron como adhesivo el sistema Sondhi; 2) Un aditivo para adhesión (Enhance Adhesion Booster) y 3) Otro aditivo para adhesión (Assure Universal Bonding Resin). La resistencia al descementado en el grupo 3 fue significativamente mayor. Hubo diferencias en el adhesivo remanente entre los grupos; de esto se concluye que la resistencia al descementado *in vitro* de los tres grupos fue aceptable. El aditivo para adhesión utilizado en el grupo 3 (Assure) aumentó significativamente la resistencia al descementado y la cantidad de adhesivo remanente sobre el esmalte dental.

Se ha sugerido que el agente adhesivo mejora la resistencia al descementado; sin embargo, los retenedores linguales fijos pueden colocarse sin aplicar este material. En este tenor, se ha demostrado que excluir el componente líquido de una resina adhesiva al cementar retenedores linguales no produce diferencias significativas en el porcentaje de fallas adhesivas durante un periodo de seguimiento de cinco años [Tang A. T. *et al.*, 2013]. Dicho estudio se aplicó en retenedores linguales con alambre trenzado, cementados en la superficie lingual de los dientes anteriores superiores e inferiores al utilizar un sistema adhesivo de resina compuesta (Transbond LR, 3M Unitek).

Otras aplicaciones de la adhesión en Ortodoncia

Además de adherir brackets, tubos, aditamentos como los botones linguales y retenedores a la superficie dental, existen diferentes condiciones clínicas que requieren de un procedimiento diferente para lograr el éxito adhesivo y realizar el tratamiento ortodóncico de una manera favorable.

Cuando existen superficies dañadas o atípicas, al igual que dientes restaurados, requieren de un proceso adhesivo diferente que se describe a continuación.

Superficies atípicas y restauraciones

Cuando un paciente presenta alguna alteración en la superficie del esmalte dental como la fluorosis, se considera como una superficie atípica a la cual debe tratarse de manera diferente para lograr los objetivos adhesivos. En aquellos pacientes es recomendable realizar un microarenado con polvo de óxido de aluminio que contenga partículas de 50µm para su aplicación intraoral o también para realizar una desproteinización del esmalte con hipoclorito de sodio por un minuto (véase la sección para adhesión de retenedores fijos linguales en el capítulo V), previo

al grabado ácido, lo cual será la mejor alternativa operatoria para la adhesión directa de los anclajes.

Cuando se presente un caso de fluorosis, se recomienda estudiar los resultados de un estudio vanguardista donde se evaluó la resistencia al descementado de brackets ortodóncicos adheridos a esmalte con y sin fluorosis, utilizando una resina compuesta (Ligth Bond, Reliance Products), con y sin aditivo para la adhesión. Además, se compararon los daños en el esmalte después del descementado con microscopio estereoscópico, la cantidad de adhesivo remanente, el número y la longitud de las grietas en el esmalte antes y después de la adhesión [Baherimoghadam T. *et al.*, 2016]. En esta investigación se seleccionó una muestra de 30 dientes con fluorosis y 30 dientes sin fluorosis, los cuales se dividieron aleatoriamente en cuatro grupos: 1) Dientes con fluorosis adheridos con resina compuesta de manera convencional; 2) Dientes con fluorosis adheridos con resina compuesta de manera convencional y aditivo para la adhesión; 3) Dientes sin fluorosis adheridos con resina compuesta de manera convencional; y 4) Dientes sin fluorosis adheridos con resina compuesta

de manera convencional y aditivo para la adhesión. Se volvió a comprobar que la fluorosis reduce la fuerza de adhesión significativamente; sin embargo, el aditivo para la adhesión aumentó la resistencia al descementado en ambos grupos en los que se utilizó. Se encontró un aumento significativo en la cantidad y longitud de las grietas del esmalte después del descementado de los brackets en todos los grupos. Por otra parte, no existieron diferencias significativas entre los cuatro grupos cuando se analizó el aumento de la longitud de las grietas, pero sí en cuanto al número de ellas. El grupo 2 mostró los mayores daños después del descementado. Por ello, se concluyó que los aditivos para la adhesión pueden producir mayores daños en la superficie al mejorar la fuerza de adhesión de los brackets. En todos los casos se requieren procedimientos conservadores al descementar la aparatología para disminuir los daños al esmalte. Sin embargo, en otro estudio donde se evaluaron los efectos en la resistencia al descementado y la eficiencia de un aditivo para la adhesión (Assure Universal Bonding Resin) en dientes con fluorosis, se encontraron también resultados relevantes [Gaur A. *et al.*, 2016]. Para la investigación se recolectó una muestra de 100 premolares (50 con fluorosis), divididos en seis grupos: dos grupos (n = 10/gp) para evaluar los patrones del grabado ácido con microscopía electrónica de barrido y otros cuatro grupos (n = 20/

gp) para evaluar dos tipos de protocolos adhesivos, Transbond XT y Transbond XT, más el aditivo para la adhesión. Se midió la resistencia al descementado y la cantidad de adhesivo remanente. En este estudio se encontraron patrones de grabado similares en dientes con y sin fluorosis. No existieron diferencias significativas en cuanto a resistencia al descementado y se observó un aumento en los valores de esta variable al usar el aditivo para la adhesión, al igual que en los valores de adhesivo residual. Por lo anterior, se concluyó que los dientes con fluorosis moderada o severa presentan un patrón de grabado similar a los dientes sin fluorosis. Cuando se utiliza resina convencional, se obtiene una fuerza de adhesión similar en ambos tipos de dientes; de igual modo, cuando se utiliza el aditivo para la adhesión se aumenta la resistencia al descementado.

Otro grupo de prestigiosos científicos realizó un estudio *in vitro* para investigar la adhesión al esmalte, usando aditivos derivados del silano con y sin 2-hidroxietilmetacrilato (HEMA), para la cementación en Ortodoncia, además de aplicar varios métodos de envejecimiento artificial [Mustafa A. *et al.*, 2016]. En aquella investigación se recolectó una muestra de 150 premolares divididos aleatoriamente en tres grupos; a dos de ellos se les aplicó una capa de aditivo para la adhesión con base de silano y 25% con o sin el com-

puesto HEMA, mientras que un grupo sirvió como control. Se adhirieron brackets metálicos y posteriormente los especímenes fueron termociclados y almacenados por 24 horas y por un año en saliva artificial. Se probó la resistencia al descementado y se examinó tanto la morfología superficial como la falla de la adhesión usando microscopía electrónica. El valor de resistencia al descementado más alto se observó al utilizar el aditivo para adhesión con 25% de HEMA, después de almacenar las muestras por 24 horas en saliva artificial. El menor valor correspondió al grupo Control Termociclado con 6,000 ciclos. Como conclusión de dicho estudio, los autores reportaron que la inclusión de 25% de HEMA en el aditivo para la adhesión con silano, provee una fuerza de adhesión adecuada.

Con frecuencia, en la práctica ortodóncica contemporánea encontramos dientes parcialmente erupcionados a los cuales es imposible adherir un anclaje debido a la presencia del tejido blando. En estos casos se puede utilizar un electrobisturí o un láser de tejidos blandos; sin embargo, estos equipos y dispositivos representan una fuerte inversión injustificada para la mayoría de los procedimientos ortodóncicos; como alternativa, se recomienda el uso de una fresa de cerámica o porcelana feldespática para tejidos blandos (Soft Tissue Trimmer; NTI; Kahla, Alemania).

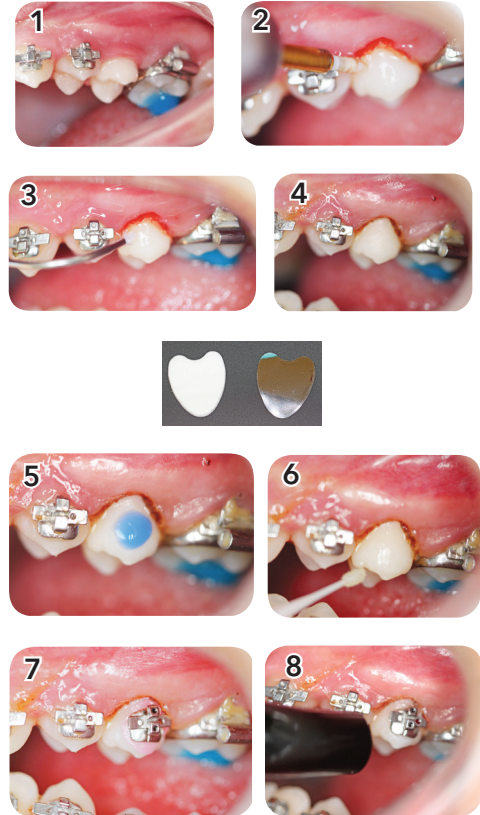


Figura 42. 1) Segundo premolar superior izquierdo parcialmente erupcionado sin espacio para adherir un bracket; 2) Eliminación del tejido blando de manera conservadora con una fresa de porcelana a alta velocidad y sin irrigación; 3) Aplicación de un agente hemostático; 4) Superficie de esmalte lista para la cementación de un bracket con el control del sangrado gingival; 5) Acondicionamiento con ácido fosfórico; 6) Aplicación de un primer hidrofóbico; 7) Cementación del bracket; 8) Fotopolimerización.

En la Figura 42 se muestra la gran utilidad de una fresa para tejidos blandos, la cual representa una inversión accesible para los ortodoncistas.

Dentro de los contaminantes existentes en la cavidad oral, la contaminación con sangre es el peor escenario para la adhesión de cualquier material fotopolimerizable. En este contexto, el uso de un hemostático es indispensable para contener el sangrado, además de aplicar un agente adhesivo hidrofílico como se ha mencionado en capítulos anteriores. Controlando estos factores, la adhesión se puede manejar con éxito en cualquier caso, como el ilustrado en la Figura 42.

Una de las condiciones clínicas frecuentemente presentadas por pacientes adultos son las restauraciones con coronas. Cuando existe alguna corona en molares, se puede optar por bandear el órgano dentario; sin embargo, en los dientes anteriores se recomienda un procedimiento adhesivo especial para cada uno. En coronas de acrílico o de resina compuesta, se deberá arenar la superficie con polvo de óxido de aluminio o crear retenciones mecánicas con una fresa de diamante o una piedra montada; lo anterior es para promover un efecto cohesivo.

Por otro lado, cuando la corona es de porcelana, la superficie será grabada de una manera especial. Como se ilustra

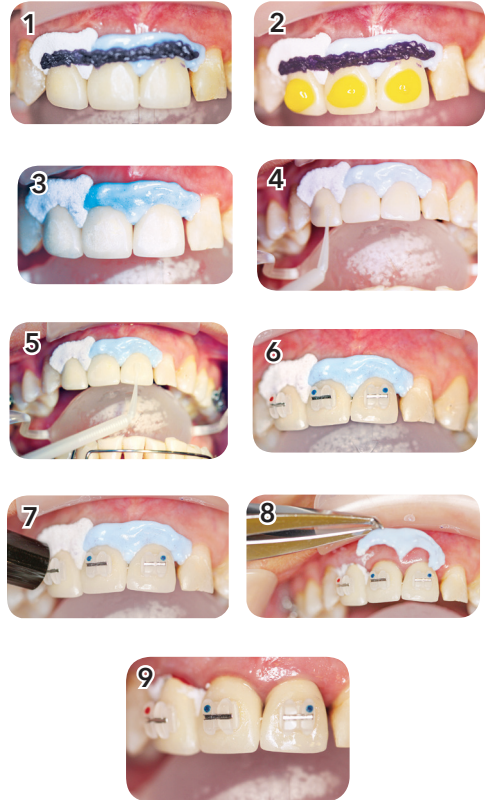


Figura 43. Imágenes representativas de la adhesión de brackets ortodóncicos a una superficie de cerámica. 1) Protección del tejido gingival con una barrera fotopolimerizable similar a la utilizada en aclaramiento dental; el neutralizador ácido es opcional; 2) Grabado con ácido fluorhídrico al 64% durante 2 o 3 minutos; 3) Efecto del grabado en la superficie de la porcelana; 4) Aplicación de 2 o 3 capas de silano; 5) Aplicación del agente adhesivo; 6) Posicionamiento de los brackets; 7) Fotopolimerización por 3 o 6 segundos; 8) Eliminación de la barrera gingival; 9) Procedimiento adhesivo terminado.

en la Figura 43, la porcelana se acondiciona con un ácido fluorhídrico generalmente al 64% por 2 o 3 minutos, posteriormente se deben colocar 2 o, preferentemente, 3 capas de un agente de acoplamiento como el silano orgánico. Luego se continúa el procedimiento convencional para el cementado con adhesivo y resina compuesta.

Como el ácido fluorhídrico es sumamente agresivo, se deberá proteger al paciente. La protección es a nivel de tejidos blandos y también a nivel extraoral con lentes y campos de trabajo o baberos.

Los grandes avances en materiales adhesivos permiten al ortodoncista realizar procedimientos clínicos vanguardistas que ofrecen mayor estabilidad al cementar anclajes ortodóncicos, por ejemplo, la cementación de un arco de Nance, tal como se muestra en la Figura 44.

En resumen, los procedimientos adhesivos contemporáneos requieren extrema limpieza y orden total para obtener los mayores beneficios en la práctica clínica (Figura 45). En este contexto, el manejo del instrumental según los protocolos



Figura 44. Vista oclusal de un arco de Nance, soldado a unas mallas que han sido cementadas a los primeros molares superiores con un sistema adhesivo de resina compuesta.

de esterilización internacional, así como la aplicación de los materiales dentales conforme al método planteado por el fabricante, favorecen tanto a los pacientes como a los operadores. Otras técnicas también pueden aplicarse a la Ortodoncia; por ejemplo, el uso de luz UV en el tratamiento de metales es considerado una opción para mejorar los procedimientos adhesivos en varias disciplinas odontológicas [Baeza Robleto S. L. *et al.*, 2013].

Hoy día, los ortodoncistas disponemos de biomateriales muy versátiles para ofertar mayor comodidad a los pacientes y desarrollar tratamientos mucho más consistentes.

Los dispositivos y equipo de vanguardia reducen los tiempos de trabajo, previniendo contaminación y efectos adversos. Por lo anterior, los procedimientos adhesivos pueden ser más predecibles. Las fallas que lleguen a presentarse durante cualquier etapa del tratamiento activo podrán subsanarse de manera significativa con materiales de vanguardia y protocolos adecuados. En la mayoría de los casos, los procedimientos de recementado se realizan de manera rápida, efectiva y sin complicaciones para el operador. Actualmente, utilizando los métodos descritos en este libro, una cantidad considerable de pacientes terminan su tratamiento de ortodoncia sin descementar ningún anclaje ortodóncico.



Figura 45. Imágenes de la organización del instrumental y materiales para realizar procedimientos adhesivos en pacientes tratados ortodóncicamente. Una buena estrategia promueve el éxito terapéutico y reduce las fallas adhesivas.

Adhesión de topes y zonas de alivio

Respecto a los materiales dentales de prescripción ortodóncica que se adhieren a la estructura dentaria, tenemos algunas recomendaciones –no especificadas por ningún fabricante y probablemente tampoco reportadas en la literatura ortodóncica contemporánea– para aplicarlas en situaciones clínicas muy peculiares.

En casos de mordida profunda, hemos descrito la fabricación de rampas de mordida en dientes anteriores en el capítulo IV; sin embargo, en algunos casos es necesario colocar pistas oclusales sobre molares o premolares. En las Figuras 34 y 46 se muestran pistas oclusales fabricadas con cemento fotopolimerizable de resina compuesta. Cualquier tipo de resina compuesta o de cemento de ionómero de vidrio puede ser una excelente opción terapéutica; no obstante, una vez liberada la mordida y corregido el problema de maloclusión, estas pistas deben eliminarse para terminar de asentar la oclusión dental. En este contexto, la fabricación de pistas oclusales con un material de color diferente al órgano dentario resulta de vital importancia para saber con precisión la porción que se está eliminando, y la estructura dentaria deberá permanecer íntegra. En capítulos previos se ha mencionado so-

bre los cementos de bandas con tecnología cromática, las cuales no requieren mezcla previa.

Las resinas fluidas, al igual que los cementos para bandas que presentan baja viscosidad, son una excelente opción para fabricar topes en los arcos de alambre o zonas de alivio en ligaduras, arcos de alambre, dispositivos de anclaje temporal (por sus siglas en inglés TAD, Temporary Anchorage Devices) y otros aditamentos ortodóncicos en los cuales el uso de cera utilitaria es poco efectivo, pues eventualmente se desaloja. En la Figura 47 se muestra la imagen de un arco de alambre con una zona de alivio fabricado con cemento para bandas de color azul. En estos casos puede aplicarse una resina compuesta de baja viscosidad o fluida; principalmente se recomienda en los topes de arcos de alambre situados en la región anterior cuando el paciente exige discreción o estética de la zona, en casos tanto con aparatología convencional metálica como estética.

Existen otros mecanismos para la protección de los tejidos blandos durante el tratamiento de ortodoncia y prevenir el deslizamiento de los arcos de alambre durante los movimientos correctivos. Por lo general, entre más aditamentos se utilicen mayor será la probabilidad de que los tejidos blandos se irriten.



Figura 46. Fotografías intraorales de un paciente tratado con aparatología fija (prescripción Alexander slot 0.018"); todos los anclajes están adheridos al esmalte dental. Para prevenir el descementado por contacto prematuro, se fabricó una pista oclusal de color azul en el primer molar inferior derecho.



Figura 47. Zona de alivio y tope de seguridad en la parte final del arco de alambre de NiTi, en una mecánica para verticalizar el segundo molar inferior izquierdo. Si no se coloca un tope de seguridad, es fácil que el alambre se desaloje del tubo e irrite los tejidos blandos.

Descementado de aditamentos ortodóncicos y pulido de la superficie del órgano dentario

La adhesión dental practicada en las diferentes especialidades sigue en teoría los mismos procedimientos; sin embargo, los objetivos pueden resultar diferentes. Por ejemplo, no es lo mismo cementar un bracket ortodóncico que deberá retirarse al culminar el tratamiento activo después de un par de años, que la cementación de una carilla de porcelana, la cual idealmente deberá quedar adherida a la estructura dentaria de manera permanente.

Por lo descrito anteriormente, la adhesión en ortodoncia debe ser tan fuerte para prevenir que los anclajes se descementen durante el tratamiento correctivo, pero sin exceder el punto en el cual el bracket o el anclaje deban dejar una secuela sobre la estructura dentaria al retirarse. Esta exigencia ha impulsado a diversos investigadores y casas comerciales a efectuar numerosos estudios para encontrar la adhesión óptima de brackets ortodóncicos, la cual puede quedar en un rango superior a 8MPa, pero inferior a 14MPa, para prevenir efectos adversos.

A continuación se describirá brevemente el procedimiento de retiro de la aparatología ortodóncica y el pulido final del esmalte postratamiento ortodóncico.

Descementado

En Ortodoncia, una vez corregido el problema de maloclusión con aparatología fija, los aparatos deben retirarse y la superficie deberá ser limpiada y pulida. Para el descementado final se han diseñado una diversidad de aparatos que ayudan al operador a retirar los anclajes de una manera cómoda y sencilla; sin embargo, este procedimiento debe realizarse con la mayor gentileza para prevenir daños sobre la superficie del diente o causar dolor durante el proceso (Figura 48). En este contexto, el uso de agentes de autograbado también facilitará el retiro de la aparatología, y eso incluye aquellos casos tratados con aparatología estética.

A pesar de que el procedimiento es seguro, el ortodoncista deberá tener

mucho cuidado y habrá de proteger al paciente con lentes para prevenir cualquier complicación con los restos desprendidos durante el descementado.

Otro aspecto importante que debe cuidarse siempre es la integridad de los órganos dentales para prevenir rayar o fracturar la superficie.



Figura 48. Resumen del procedimiento de debondeo, utilizando pinzas para descementar brackets y pinzas para eliminar el excedente del adhesivo. El pulido de la superficie se puede realizar con pastas profilácticas de diferente grano (regular, fino y extrafino).

Pulido y tratamiento de la superficie del esmalte

Finalmente, el procedimiento adhesivo ideal para la práctica ortodóncica permite al clínico devolver la apariencia original del esmalte previo al tratamiento ortodóncico, sin producir efectos adversos sobre ella.

Respecto a la superficie dental, la cantidad de esmalte perdido después de la profilaxis dental puede variar entre 5 a $14.38\mu\text{m}$; no obstante, los resultados de estudios *in vivo* han demostrado que la profilaxis previa al grabado ácido y a la adhesión de los brackets ortodóncicos no tiene ningún efecto sobre el índice de fracaso. Contradictoriamente, los

fabricantes recomiendan realizar profilaxis dental antes de aplicar adhesivos de autograbado [Hosein I., Sherriff M., Ireland A. J., 2004].

La pérdida de esmalte durante el grabado depende del tipo de ácido empleado; al usar el ácido fosfórico (H_3PO_4) al 37%, con un tiempo de aplicación de 15 segundos por diente, la pérdida de esmalte puede diferir ampliamente desde un mínimo de $10\mu m$ hasta un máximo de $170\mu m$ [Bishara S. E. *et al.*, 2000]. La profundidad de penetración de la resina puede alcanzar $50\mu m$ y el procedimiento de limpieza del adhesivo remanente después de retirar la aparatología puede remover hasta $55.6\mu m$ de esmalte [Bishara S. E. *et al.*, 2000]. De tal modo, la cantidad de esmalte perdido durante el proceso completo de adhesión puede ser de 120.6 a $189.98\mu m$, mientras que el grosor total del esmalte se ha estimado entre $1,500$ a $2,000\mu m$.

Como se ha enfatizado, una de las principales metas postratamiento ortodóncico es devolverle a la superficie del esmalte dental la apariencia previa a la adhesión de los anclajes. Desafortunadamente, esto resulta bastante complejo al tratar de prevenir la indeseable aparición de lesiones incipientes de mancha blanca. Por ello, los clínicos requieren tomar las medidas protectoras más adecuadas y establecer un plan de higiene oral efectivo para motivar a los pacientes y ganar su cooperación. En

este tenor, las indicaciones para utilizar los agentes de autograbado en Ortodoncia, se han incrementado de manera significativa como resultado de los avances científicos y tecnológicos de los materiales de adhesión. Contrariamente, las recomendaciones para utilizar el ácido fosfórico al 37% en ortodoncia han disminuido.

Es importante mencionar que algunos sistemas de autograbado disponibles en el mercado presentan la gran ventaja de no afectar el tratamiento ortodóncico, pues además de producir un patrón de grabado conservador, también ofrecen valores de resistencia al descementado superiores a las fuerzas requeridas para lograr el movimiento dental. Asimismo, los valores se mantienen dentro de un rango seguro al no presentar fuerzas excesivas que pongan en riesgo la integridad del esmalte durante el procedimiento de descementado.

Cabe destacar que los hallazgos de Hosein y sus colegas, en 2004, son de gran relevancia científica para preservar intacta la superficie del órgano dentario después del tratamiento ortodóncico, al hallar que la menor pérdida de esmalte ocurre cuando se emplea un agente de autograbado y el adhesivo remanente es retirado con una fresa de carburo de tungsteno a baja velocidad, y se utilizan pastas profilácticas de grano fino aplicadas con copa de hule para el brillo final. De cualquier manera, es importante

saber que la pérdida de tejido dental puede ocurrir hasta con el cepillado habitual. Recientemente, se ha demostrado que el cepillado con algunos dentífricos para aclaramiento dental puede producir mayor pérdida de esmalte que una pasta dental convencional [Salgado Villa S. K. *et al.*, 2016].

En las Figuras 49, 50 y 51 se muestra la apariencia final de pacientes tratados ortodóncicamente con aparatología fija convencional, en los cuales el esmalte fue acondicionado con un sistema de autograbado y los anclajes se descementaron con gentileza. El adhesivo remanente fue removido con una pinza y una fresa de tugsten; posteriormente, la superficie fue pulida con pasta profi-

láctica de grano fino y una copa de hule a baja velocidad. Con estos métodos se puede preservar la integridad de la estructura dentaria.

Otro aspecto importante a investigar son las alteraciones en el color del esmalte, después del uso de distintas resinas ortodóncicas y fresas para eliminar los residuos de adhesivo. En un estudio previo [Boncuk Y. *et al.*, 2014], se utilizaron tres tipos de adhesivos para cementar brackets metálicos en 175 premolares extraídos, un sistema de grabado convencional con ácido fosfórico, un sistema de autograbado y un ionómero de vidrio modificado con resina. Después de 24 horas, los brackets fueron descementados y se limpió



Figura 49. Fotografía final de un paciente tratado ortodóncicamente con aparatología fija convencional durante el periodo de un año. La superficie del esmalte luce en excelentes condiciones y sin secuelas del tratamiento ortodóncico.



Figura 50. Fotografía final de un paciente tratado ortodóncicamente con aparatología fija convencional durante un periodo de un año y medio. La superficie del esmalte luce en excelentes condiciones y sin secuelas del tratamiento ortodóncico, a pesar de haber requerido una mecánica compleja para resolver el problema de maloclusión.



Figura 51. Fotografía final de un paciente tratado ortodóncicamente con aparatología fija convencional durante un periodo de dos años. La superficie del esmalte luce en excelentes condiciones inclusive después de tanto tiempo y sin secuelas del tratamiento ortodóncico.

la superficie del esmalte con una fresa de carburo-tungsteno o una fresa de sílice para limpieza tipo "Stainbuster". El color del esmalte se midió con un espectrofotómetro después del retiro de la resina. Todos los dientes presentaron decoloración, en distinto nivel, y se concluyó que el tratamiento de ortodoncia altera el color original del esmalte; tanto el sistema adhesivo como el método para eliminar los residuos son responsables del cambio. Cuando los brackets se cementan con un sistema de grabado convencional o con un sistema de autograbado, se recomienda el uso de una fresa de sílice para limpieza tipo "Stainbuster" y así provocar cambios mínimos en el esmalte, mientras que los residuos del cemento de ionómero de vidrio modificado con resina pueden ser retirados de manera segura al usar una fresa de carburo-tungsteno.

En otro interesante estudio se evaluó la pérdida de esmalte y de los residuos de resina posterior al descementado y a la limpieza de la superficie dental [Ryf S. *et al.*, 2012]. Para dicho estudio se adhirieron 75 brackets a molares humanos, los cuales fueron almacenados durante 100 horas, y posteriormente fueron descementados. Además, se evaluó la cantidad de adhesivo residual. La limpieza fue realizada con cinco procedimientos distintos: 1) Fresa de carburo; 2) Fresa de carburo y pulidores de silicona; 3) Fresa de carburo y pulidores tipo "Astropol"; 4) Fresa de carburo pulidores "Renew"; y 5) Fresa de carburo y pulidores de hule café, verde y tipo "PoGo". Se tomaron impresiones para hacer réplicas en yeso antes del cementado de los brackets, después de retirarlos y luego de pulir el esmalte, para analizarlos con un escáner láser y

hacer mediciones con una aplicación analítica. Se encontró que la mayoría de los especímenes presentaron un marcador de adhesivo remanente de ARI 3, y que la pérdida de esmalte fue similar entre todos los grupos y con los métodos empleados para la limpieza del esmalte, concluyendo que es difícil lograr una limpieza adecuada sin pérdida de esmalte.

Una manera de evitar la indeseable formación de lesiones de mancha blanca o desmineralización del esmalte dental durante el tratamiento ortodóncico correctivo es la aplicación de agentes remineralizantes. En un estudio realizado recientemente, se compararon los efectos de distintos procedimientos de remineralización sobre la rugosidad superficial, la resistencia al descementado y el índice de adhesivo remanente, en dientes tratados para desmineralizar la superficie del esmalte que tenían brackets ortodóncicos colocados [Baka Z. M. *et al.*, 2016]. Para esta investigación, se utilizó una muestra de 140 premolares humanos divididos en siete grupos: el grupo I fue el control y en los otros seis grupos se realizó la desmineralización del esmalte; en cinco grupos (III a VII), antes de cementar los brackets con un adhesivo de autograbado, se aplicó uno de cinco distintos métodos para remineralizar el esmalte. Se encontraron diferencias significativas entre todos los grupos en cuanto a resistencia al descementado y a los valores de rugosidad,

los cuales fueron obtenidos con un perfilómetro y SEM, concluyendo que los procedimientos de remineralización mejoran la resistencia al descementado y reducen la rugosidad superficial provocada por la desmineralización del esmalte. El autograbado aporta resistencia al descementado clínicamente aceptable para cementar brackets sobre el esmalte previamente desmineralizado.

En otra investigación, los autores evaluaron el uso de un barniz fluorado como método de profilaxis, combinado con un aditivo para incrementar la fuerza de adhesión, y lo compararon contra la profilaxis realizada con pasta pómez previo al autograbado para la cementación de aparatos ortodóncicos [Grover S. *et al.*, 2012]. Para el análisis, se reclutaron 37 pacientes en dicho estudio de tipo clínico prospectivo, en el cual se monitorearon las fallas adhesivas durante 6 meses y, efectivamente, se observó una menor cantidad de fallas adhesivas al realizar profilaxis con pasta pómez previa a la aplicación del agente de autograbado.

En este contexto, los dos estudios mencionados anteriormente se respaldan con una reciente publicación, en la cual se demuestra que la aplicación de algunos agentes remineralizantes puede ser benéfica, pues no afectan la resistencia al descementado de los brackets ortodóncicos [Nuñez-Solano A. A. *et al.*, 2017].

Conclusiones

En esta obra los especialistas y estudiosos de la Ortodoncia podrán encontrar procedimientos clínicos efectivos con fundamentos de investigación científica original. El tratamiento de Ortodoncia con aparatología fija es un procedimiento en el cual se adhieren los anclajes a las superficies de los dientes de manera temporal hasta lograr los objetivos del tratamiento y corregir los problemas de maloclusión.

El mecanismo de adhesión necesario para alcanzar dichos objetivos debe conservar valores de resistencia suficientes al descementado para realizar el movimiento de los órganos dentarios, y además debe ser inferior a aquellos valores en los cuales se puede dañar la superficie del esmalte dental al retirar los anclajes. Dicho rango debe ser igual o superior a 8MPa, pero no deberá exceder los 14MPa para prevenir fracturas o daños sobre la superficie del esmalte. En este contexto, los sistemas de autograbado tienen grandes aplicaciones en Ortodoncia clínica y en condiciones normales son potencialmente la elección más conservadora al cumplir a cabalidad con los conceptos de intervención mínima.

Las ventajas de los agentes de autograbado incluyen la preservación del esmalte dental y la producción de un patrón de grabado mucho más conservador que cualquier sistema convencional, además de una aplicación rápida de 3 o 5 segundos. Esto reduce de manera importante el riesgo de contaminación con saliva y acorta el tiempo de consulta. La profilaxis previa al autograbado es un procedimiento indispensable para la adhesión en Ortodoncia. Sin embargo, será innecesaria en los sistemas de grabado ácido.

Además de los brackets ortodóncicos, se requiere adherir tubos, botones, retenedores fijos y diversos aditamentos, como las pistas o rampas de mordida. El incremento de la fuerza de unión no siempre es deseado en procedimientos ortodóncicos; sin embargo, el uso de hipoclorito de sodio para la cementación de retenedores linguales fijos es una excelente alternativa para preservar de manera prolongada los retenedores adheridos a la superficie dentaria.

Los hábitos alimentarios y de control higiénico por parte de los pacientes son

indispensables para lograr el éxito durante el tratamiento activo.

Los materiales dentales de prescripción ortodóncica promueven grandes beneficios para pacientes y operadores, previniendo irritaciones o complicaciones durante el tratamiento.

Para adherir anclajes ortodóncicos a superficies atípicas, es indispensable modificar los procedimientos convencionales y saber utilizar los materiales prescritos para lograr la adhesión adecuada.

La adhesión se daña significativamente por contaminación con humedad, siendo la saliva y la sangre los fluidos bucales de mayor riesgo; por ello, es necesario controlar la contaminación y

utilizar adhesivos hidrofílicos en casos que lo requieran.

El control de la cantidad de adhesivo remanente, así como su completa eliminación, serán de gran utilidad en el post-tratamiento de Ortodoncia.

Un adecuado procedimiento para eliminar el adhesivo remanente posterior al retiro de los aparatos ortodóncicos, junto con un método gentil de pulido, son la clave para mantener íntegra la superficie dental al finalizar la terapéutica del tratamiento ortodóncico activo.

La opción de tratamiento con aparatología removible con uso de alineadores no requiere de adhesión de aditamentos, pues desafortunadamente sus indicaciones siguen siendo limitadas.

Glosario

Ácido itatónico: actúa como imprimador al fotopolimerizar con el agente adhesivo utilizado. Posteriormente, sus grupos carboxílicos se adhieren al calcio de la superficie dental.

Acondicionador (dentinario): sustancia ácida que disuelve la estructura inorgánica de la dentina y produce una malla de colágeno, la cual permite la infiltración del adhesivo dentinario.

Adhesión: de acuerdo con el latín *Adhaesio, adhaesionis*, significa "adherencia, unión; unirse una superficie a otra".

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

Agente de enlace o de acoplamiento (silano): compuesto químico que ayuda a unir las partículas del relleno con la matriz orgánica.

Agente grabador: comúnmente, los más utilizados son ácidos fuertes como el ácido fosfórico al 37%. También se siguen usando en la composición de los imprimadores algunos ácidos débiles (cítrico, maleico, etcétera).

Biomaterial: es el material farmacológicamente inerte, utilizado para incorporarse o implantarse dentro de un organismo vivo para reemplazar o restaurar alguna función, permaneciendo en contacto con los fluidos corporales.

Bis-GMA: es un dimetacrilato aromático. Este monómero se obtiene a partir de una resina epóxica, el bisfenol A y glicidil metacrilato.

Capilaridad: cuando un líquido se pone en contacto con un tubo de pequeño diámetro, tiende a introducirse por él.

Caries incipiente: se manifiesta con la aparición clínica de una "mancha blanca" sobre el esmalte, debido a una desmineralización subsuperficial extensa.

Cariostático: sustancia que inhibe o detiene la formación de caries dentales.

Coefficiente de expansión térmico: cambio en la extensión por unidad de longitud original de un material cuando su temperatura aumenta 1°K.

Diente impactado: aquel que no ha erupcionado total o parcialmente en

la arcada en el tiempo esperado, pues sufrió un bloqueo por un obstáculo mecánico (hueso, dientes, tejidos blandos).

Diente retenido: se considera cuando la superficie oclusal del diente se halla al menos a 1mm del nivel oclusal del resto, a una edad en la que el diente debería estar en oclusión

Descementado: procedimiento en el cual se realiza la remoción de una prótesis o aditamento (brackets, tubos, botones ortodóncicos, etc.), cementado a la estructura dental, así como del agente cementante o adhesivo usado.

Desproteínizar: (eliminación de proteínas) se realiza mediante extracciones repetidas de las proteínas con disolventes orgánicos (fundamentalmente fenol y cloroformo). Algunas veces se efectúa después de una incubación con enzimas que degradan las proteínas (proteasas).

Ductilidad: tendencia relativa de un material a deformarse plásticamente al ser sometido a una tensión antes de que se fracture.

Elastómero: material de impresión con ligero entrecruzamiento que muestra un comportamiento elástico tras el fraguado.

Enlace iónico: de tipo electrostático por cargas eléctricas de diferente polaridad.

Enlace covalente: los elementos comparten pares de valencia; esta clase de enlace es particular de la química del carbono. También es característico de las resinas sintéticas de uso odontológico.

Enlace metálico: los electrones de enlace están localizados en una estructura de átomos. En contraste, en los compuestos iónicos, la ubicación de los electrones enlazantes y sus cargas es estática. Debido a la localización o el libre movimiento de los electrones, se tienen las propiedades metálicas de conductividad, ductilidad y dureza.

Energía superficial: se presenta en los materiales sólidos que, al estar rodeados por otros átomos (sólo por un lado), quedan con fuerzas sin compensar y por lo tanto mantienen una energía no contrarrestada en la superficie.

Epóxico: epoxi, tipo de resina sintética, dura y resistente, utilizada en la fabricación de plásticos, pegamentos. Es un polímero termoestable que se endurece cuando se mezcla con un agente catalizador o "endurecedor". Las resinas epoxi más frecuentes son producto de una reacción entre epíclorohidrina y bisfenol.

Erosión: pérdida de material de una superficie provocada por una acción mecánica o a través de una combinación de acciones químicas y mecánicas.

Fluidez: flujo plástico de un polímero; deformación irreversible producida cuando las cadenas de polímeros se deslizan unas sobre otras y se recolocan en el material.

Fuerza de adhesión: tiende a unir moléculas de sustancias diferentes.

Fuerza de cizalla: coeficiente de fuerza con respecto al área transversal original, paralela a la dirección de la fuerza aplicada sobre la muestra prueba.

Fuerza de cohesión: las fuerzas que tienden a unir moléculas de la misma sustancia.

Fuerza de tracción: coeficiente de tensión aplicada sobre el área transversal perpendicular a la dirección de la fuerza aplicada.

Fuerza de torsión: aplicación de fuerza sobre el eje longitudinal de una pieza prismática en sentido helicoidal.

Fuerza de Van der Waals: fuerza de atracción física débil que fomenta la adhesión entre las moléculas de los líquidos o cristales moleculares.

Híbrido: producto de elementos de distinta naturaleza, contiene partículas de macrorelleno y microrelleno para obtener la fuerza del primero y la susceptibilidad al pulido del segundo.

Hidrofílico: tendencia a demostrar una fuerte afinidad por el agua.

Hidrofóbico: tendencia a demostrar aversión por el agua.

Humectancia/humectabilidad: afinidad relativa de un líquido por la superficie de un sólido.

Isosistema: conjunto de organismos que tienen relación con el sistema de referencia, el cual pertenece al mismo conjunto o clase.

Macro/microtags de resina: son prolongaciones de la resina (principalmente del agente adhesivo) en los sitios de microretenciones creados por el acondicionamiento del ácido fosfórico.

Maloclusión: oclusión o cierre incorrecto de los dientes inferiores con los superiores.

Permeabilidad: capacidad de un material que le permite a un flujo atravesarlo sin alterar su estructura interna. Se afirma que un material es *permeable* si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado.

Quelación: unión de ciertas moléculas llamadas quelantes, con iones metálicos, que forman entre ellos una estructura estable llamada quelato.

Refracción: propiedad de ciertos cristales de duplicar las imágenes de los objetos.

Resina compuesta dental: material con una gran densidad de entrecruzamientos poliméricos, reforzados por una dispersión de sílice amorfo, vidrio, partículas de relleno cristalinas u orgánicas y/o pequeñas fibras unidas a la matriz gracias a un agente de conexión.

Resina compuesta fluida: resina compuesta híbrida con un bajo nivel de relleno y con una distribución más restringida de tamaños de partícula que aumenta la fluidez y favorece una adaptación más íntima con las superficies preparadas de los dientes.

Resistencia al descementado: capacidad para resistir la fuerza o la presión aplicada sobre una prótesis o un aditamento ortodóncico como los brackets, tubos, botones, etc., que estén cementados a una superficie dental, sin romperse, moverse o sufrir algún daño.

Resistencia compresiva: fuerza aplicada sobre la muestra de una prueba de compresión en el punto de fractura.

Resistencia tensional: esfuerzo tensional por unidad de área a la que el material falla (se rompe) por fracturación extensional. Esta propiedad es una indicación del grado de coherencia del material para resistir fuerzas tirantes.

Sistema adhesivo: conjunto de materiales y de procedimientos necesarios para adherir el material al diente, que son el acondicionamiento de la superficie del esmalte y de la dentina (según sea el caso), adhesión química y/o micromecánica al esmalte, a la dentina y adhesión química al material restaurador o al material cementante.

Tensión superficial: tensión interfacial, normalmente entre la superficie de un sólido y un líquido, la cual se produce a causa de fuerzas intermoleculares desequilibradas.

Translúcido: grados variables de luz que cruzan y son absorbidos por un objeto.

Viscosidad: resistencia de un fluido a manar.

Referencias bibliográficas

- Al-Nimri K., Al-Nimri J. (2015), "Shear bond strength of different fixed orthodontic retainers". *Aust Orthod J.*, 31 (2): 178-83.
- Al Shamsi A., Cunningham J. L., Lamey P. J., Lynch E. (2006), "Shear bond strength and residual adhesive after orthodontic bracket debonding". *Angle Orthodontist*, 76 (4): 694-9.
- An J. S., Kim K., Cho S., Lim B. S., Ahn S. J. (2017), "Compositional differences in multi-species biofilms formed on various orthodontic adhesives". *European Journal of Orthodontics*, 39 (5): 528-33.
- Anusavice K. J., Philips (2004), *Ciencia de los materiales dentales*. 11 ed. España: Elsevier. 2004.
- Artun J., Bergland S. (1984), "Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 85 (4): 333-40.
- Attar N., Taner T. U., Tülümen E., Korkmaz Y. (2007), "Shear bond strength of orthodontic brackets bonded using conventional vs one and two step self-etching/adhesive systems". *Angle Orthodontist*, 77 (3): 518-23.
- Baeza-Robleto S. J., Villa Negrete D. M., García Contreras R., Scougall Vilchis, R. J., Guadarrama Quiroz L. J., Robles Bermeño N. L. (2013), "Effects of UV irradiation on the bond strength of a composite resin adhered to stainless steel crowns". *Pediatric Dentistry*, 35 (1): 23-6.
- Baherimoghadam T., Akbarian S., Rasouli R., Naseri N. (2016), "Evaluation of enamel damages following orthodontic bracket debonding in fluorosed teeth bonded with adhesion promoter". *European Journal of Orthodontics*, 10 (2):193-8.
- Barceló F. H., Palma J. M. (2008), *Materiales dentales. Conocimientos básicos aplicados*. 3ª ed. México: Trillas.
- Baka Z. M., Akin M., Ileri Z., Basciftci F. A. (2016), "Effects of remineralization procedures on shear bond strengths of brackets bonded to demineralized enamel surfaces with self-etch systems". *Angle Orthodontist*, 86 (4): 661-7.
- Bishara Samir E. (2001), *Textbook of Orthodontics*, W. B. Saunders Company, EUA, pp. 191-197.
- Bishara S. E., Fehr D. E. (1997), "Ceramic brackets: Something old, something

- new, a review". *Seminars in Orthodontics*, 3 (3): 178-88.
- Bishara S. E., Ostby A. W., Laffoon J. F., Warren J. (2007), "Shear bond strength comparison of two adhesive systems following thermocycling. A new self-etch primer and a resin-modified glass ionomer". *Angle Orthodontist*, 77 (2): 337-41.
- Bishara S. E., Soliman M., Laffoon J. F., Warren J. J. (2005), "Effect of antimicrobial monomer-containing adhesive on shear bond strength of orthodontic brackets". *Angle Orthodontist*, 75 (3): 397-9.
- Bishara S. E., VonWald L., Laffoon J. F., Jakobsen J. R. (2000), "Effect of altering the type of enamel conditioner on the shear bond strength of a resin-reinforced glass ionomer adhesive". *Am. J., Orthod Dentofacial Orthop*, 118 (3): 288-94.
- Bishara S. E., VonWald L., Laffoon J. F., Warren J. J. (2001), "Effect of a self-etch primer/adhesive on the shear bond strength of orthodontic brackets". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 119 (6): 621-4.
- Boncuk Y., Cehreli Z. C., Polat-Özsoy Ö. (2014), "Effects of different orthodontic adhesives and resin removal techniques on enamel color alteration". *Angle Orthodontist*, 84 (4): 634-41.
- Bowen R. L. (1962), "Dental Filling Material Comprising vinyl silane treated fused silica and a binder consisting of a reaction product of bisphenol and glycidyl acrylate". U.S. Patent.
- Buonocore M. G. (1955), "A simple method on increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces". *J. Dental Research*, 34 (6): 849-53.
- Cacciafesta V., Sfondrini M. F., Scribante A., Boehme A., Jost-Brinkmann P. G. (2005), "Effect of light-tip distance on the shear bond strengths of composite resin". *Angle Orthodontist*, 75 (3): 386-91.
- Cal-Neto J. P., Miguel J. A. (2006), "Scanning electron microscopy evaluation of the bonding mechanism of a self-etching primer on enamel". *Angle Orthodontist*, 76 (1): 132-6.
- Cal-Neto J. P., Carvalho F., Almeida R. C., Miguel J. A. (2006), "Evaluation of a new self-etching primer on bracket bond strength in vitro". *Angle Orthodontist*, 76 (3): 466-9.
- Cehreli Z. C., Kecik D., Kocadereli I. (2005), "Effect of self-etching primer and adhesive formulations on the shear bond strength of orthodontic brackets". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 127 (5): 573-9.
- Chitnis D., Dunn W. J., Gonzáles D. A. (2006), "Comparison of in-vitro bond strengths between resin-modified glass ionomer, polyacid-modified composite resin, and giomer adhesive systems". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 129 (3): 330.e11-6.

- Ciocan D. I., Stanciu D., Popescu M. A., Miculescu F., Plotog I., Vărzaru G., Ciocan L. T. (2014), "Electron microscopy analysis of different orthodontic brackets and their adhesion to the tooth enamel". *Romanian Journal of Morphology and Embryology*, 55 (2 Suppl): 591-6.
- Contreras Bulnes R., Scougall Vilchis, R. J., Rodríguez Vilchis, L. E., Centeno Pedraza C., Olea Mejía, O. F., Alcántara Galena, M. del C. Z. (2013), "Evaluation of self-etching adhesive and Er:YAG laser conditioning on the shear bond strength of orthodontic brackets". *Scientific World J.*, 719182:1-5.
- Cova J. L. (2010), *Biomateriales Dentales*. 2ª ed. Venezuela: AMOLCA.
- Cozza P., Martucci L., De Toffol L., Penco S. I. (2006), "Shear bond strength of metal brackets on enamel". *Angle Orthodontist*, 76 (5): 851-6.
- Daratsianos N., Musabegovic E., Reimann S., Grüner M., Jäger A., Bourauel C. (2013), "The influence of cyclic shear fatigue on the bracket-adhesive-enamel complex: An in vitro study". *Dental Materials*, 29 (5): 506-13.
- D'Attilio M., Traini T., Di Iorio D., Varvara G., Festa F., Tecco S. (2005), "Shear bond strength, bond failure, and scanning electron microscopy analysis of a new flowable composite for orthodontic use". *Angle Orthodontist*, 75 (3): 410-5.
- Eminkahyagil N., Arman A., Cetinsahin A., Karabulut E. (2006), "Effect of resin-removal methods on enamel and shear bond strength of rebonded brackets". *Angle Orthodontist*, 76 (2): 314-21.
- Espinosa R., Valencia R., Uribe M., Ceja I., Saadia M. (2008), "Enamel deproteinization and its effect on acid etching: an in vitro study". *J. Clin. Pediatric Dentistry*, 33 (1): 13-9.
- Faltermeier A., Rosentritt M., Reicheneder C., Müssig D. (2006), "Experimental composite brackets: influence of filler level on the mechanical properties". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 130 (6): 699.e9-14.
- Faltermeier A., Rosentritt M., Faltermeier R., Reicheneder C., Müssig D. (2007), "Influence of filler level on the bond strength of orthodontic adhesives". *Angle Orthodontist*, 77 (3): 494-8.
- Fitzgerald I., Bradley G. T., Bosio J. A., Hefti A. F., Berzins D. W. (2012), "Bonding with self-etching primers-pumice or pre-etch? An in vitro study". *European Journal of Orthodontics*, 34 (2): 257-61.
- Flores T., Mayoral J. R., Giner L., Puigdollers A. (2015), "Comparison of enamel-bracket bond strength using direct- and indirect-bonding techniques with a self-etching ion releasing S-PRG filler". *Dental Materials Journal*, 34 (1): 41-7.
- Gange P. (2015), "The evolution of bonding in orthodontics". *Am J Ortho-*

- dontics and Dentofacial Orthopedic*, 147 (4Suppl): S56-63.
- García Blanquel M. F., Scougall Vilchis, R. J., Kubodera-Ito T. (2012), "Sistemas adhesivos ortodóncicos". *Revista Española de Ortodoncia*, 42 (1): 45-51.
- García Contreras R., Scougall Vilchis R. J., Contreras Bulnes R., Kanda Y., Nakajima H., Sakagami H. (2014), "Effects of TiO₂ nano glass ionomer cements against normal and cancer oral cells". *In Vivo*, 28 (5): 895-907.
- Gaur A., Maheshwari S., Verma S. K., Tariq M. (2016), "Effects of adhesion promoter on orthodontic bonding in fluorosed teeth: A scanning electron microscopy study". *Journal of Orthodontic Science*, 5 (3): 87-91.
- Gibb A. J., Katona T. R. (2006), "A comparison of the shear-peel and third-order bond strengths of orthodontic brackets with 2 etch techniques and the role of bracket asymmetry". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 130 (6): 699.e1-7.
- Gómez de Ferraris M., Campos A. (1999), *Histología y embriología bucodental*. Médica Panamericana, Madrid, pp. 273-315.
- González Pérez J., Scougall Vilchis, R. J., Contreras Bulnes R., De La Rosa-Gómez I., Uematsu, S., Yamaguchi R. (2012), "Adherence of Streptococcus mutans to orthodontic band cements". *Australian Dental Journal*, 57 (4): 464-9.
- Graber, Thomas M., Vanarsdall Robert L. (1997), *Ortodoncia. Principios generales y técnicas*, 2ª Ed. Editorial Médica Panamericana, Argentina, pp. 520-602.
- Grover S., Sidhu M. S., Prabhakar M., Jena S., Soni S. (2012), "Evaluation of fluoride varnish and its comparison with pumice prophylaxis using self-etching primer in orthodontic bonding-an invivo study". *European Journal of Orthodontics*, 34 (2): 198-201.
- Hajrassie M. K., Khier S. E. (2007), "In-vivo and in-vitro comparison of bond strengths of orthodontic brackets bonded to enamel and debonded at various times". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 131 (3): 384-90.
- Hatrick C. D., Eakle W. S., Bird W. F. (2012), *Materiales dentales. Aplicaciones clínicas*. 2ª ed. México: Editorial El Manual Moderno.
- Hildebrand N. K., Raboud D. W., Heo G., Nelson A. E., Major P. W. (2007), "Argon laser vs conventional visible light-cured orthodontic bracket bonding: an in-vivo and in-vitro study". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 131 (4): 530-6.
- Hosein I., Sherriff M., Ireland A. J. (2004), "Enamel loss during bonding, debonding, and cleanup with use of a self-etching primer". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 126 (6): 717-24.
- Ireland A. J., Knight H., Sherriff M. (2003), "An in vivo investigation into bond failure rates with a new self-etching

- primer system". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 124 (3): 323-6.
- James J. W., Miller B. H., English J. D., Tadlock L. P., Buschang P. H. (2003), "Effects of high-speed curing devices on shear bond strength and microleakage of orthodontic brackets". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 123 (5): 555-61.
- Joseph V. P., Rossouw E. (1990), "The shear bond strengths of stainless steel and ceramic brackets used with chemically and light-activated composite resin". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 97 (2): 121-5.
- Jeiroudi M. T. (1991), "Enamel fracture caused by ceramic brackets". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 99 (2): 97-9.
- Kanashiro L. K., Robles Ruiz J. J., Ciamponi A. L., Medeiros I. S., Domínguez G. C., De Fantini S. M. (2014), "Effect of adhesion boosters on indirect bracket bonding". *Angle Orthodontist*, 84 (1): 171-6.
- Katona T. R., Long R. W. (2006), "Effect of loading mode on bond strength of orthodontic brackets bonded with 2 systems". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 129 (1): 60-4.
- Kim M. J., Lim B. S., Chang W. G., Lee Y. K., Rhee S. H., Yang H. C. (2005), "Phosphoric acid incorporated with acidulated phosphate fluoride gel etchant effects on bracket bonding". *Angle Orthodontist*, 75 (4): 678-84.
- Kim Y. K., Park H. S., Kim K. H., Kwon T. Y. (2015), "Effect of adhesive resin flexibility on enamel fracture during metal bracket debonding: an ex vivo study". *European Journal of Orthodontics*, 37 (5): 550-5.
- Klocke A., Kahl-Nieke B. (2006), "Effect of debonding force direction on orthodontic shear bond strength". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 129 (2): 161-5.
- Korbmacher H. M., Huck L., Kahl Nieke B. (2006), "Fluoride-releasing adhesive and antimicrobial self-etching primer effects on shear bond strength of orthodontic brackets". *Angle Orthodontist*, 76 (5): 845-50.
- Lill D. J., Lindauer S. J., Tufekci E., Shroff B. (2008), "Importance of pumice prophylaxis for bonding with self-etch-primer". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 133 (3): 423-6.
- Liu J. K., Chung C. H., Chang C. Y., Shienh D. B. (2005), "Bond Strength and debonding characteristics of a new ceramic bracket". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 128 (6): 761-5.
- Mojtahedzadeh F., Akhoundi M. S., Nooroozi H. (2006), "Comparison of wire loop and shear blade as the 2 most common methods for testing orthodontic shear bond strength". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 130 (3): 385-7.
- Mousavi S. M., Shamohammadi M., Rastegar Z., Skini M., Rakhshan V.

- (2017), "Effect of esthetic coating on surface roughness of orthodontic archwires". *Int. Orthod.*, 15 (3): 312-21.
- Movahhed H. Z., Ogaard B., Syverud M. (2005), "An in vitro comparison of the shear bond strength of a resin reinforced glass ionomer cement and a composite adhesive for bonding orthodontic brackets". *European Journal of Orthodontics*, 27 (5): 477-83.
- Murray S. D., Hobson R. S. (2003), "Comparison of in vivo and in vitro shear bond strength". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 123 (1): 2-9.
- Mustafa A., Tsoi J. K. H., Matinlinna J. P. (2016), "Aspects of enamel bonding using experimental silanes for orthodontic adhesion". *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 70: 137-41.
- Newman, G. V. (1965), "Epoxy adhesives for orthodontic attachments: progress report". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 51 (12): 901-12.
- Núñez Solano A. A., Rodríguez Vilchis, L. E., Scougall Vilchis, R. J., Contreras Bulnes R., Velázquez Enríquez U. (2017), "Effects of three remineralizing agents in the shear bond strength of orthodontics brackets". *West Indian Medical Journal*.
- Oesterle L. J., Shellhart W. C., Belanger G. K. (1998), "The use of bovine enamel in bonding studies". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 114 (5): 514-9.
- Oesterle L. J., Newman S. M., Shellhart W. C. (2002), "Comparative bond strength of brackets cured using a pulsed xenon curing light with 2 different light-guide sizes". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 122 (3): 242-50.
- Ogaard B., Bishara S. E., Duschner H. (2004), "Enamel effects during bonding-debonding and treatment with fixed appliances", en Graber T. M., Eliades T., Athanasiou A. E. (eds), *Risk Management in Orthodontics: Experts Guide to Malpractice*. Carol Stream, Ill: Quintessence Publishing Co, Inc, pp. 19-46.
- Oshawa T. (1972), "Studies on solubility and adhesion of the enamel in pre-treatment for caries preventive sealing". *The Bulletin of Tokyo Dental College*. Coll, 13 (1): 65-82.
- Ozer M., Arici S. (2005), "Sandblasted metal brackets bonded with resin-modified glass ionomer cement in vivo", *Angle Orthodontist*, 75 (3): 406-9.
- Öztürk F., Ersöz M., Öztürk S. A., Hatunoğlu E., Malkoç S. (2016), "Micro-CT evaluation of microleakage under orthodontic ceramic brackets bonded with different bonding techniques and adhesives". *European Journal of Orthodontics*, 38 (2): 163-9.
- Pandis N., Strigou S., Eliades T. (2007), "Long-term failure rate of brackets

- bonded with plasma and high-intensity light-emitting diode curing lights: a clinical assessment". *Angle Orthodontist*, 77 (4): 707-10.
- Peterson S. M., Drummond J. L., Evans C. A., Begole E. A. (2006), "Comparison of bond strengths using different curing lights". *Journal of Clinical Orthodontics*, 40 (5): 309-13.
- Pithon M. M., Dos Santos R. L., De Oliveira M. V., Ruellas A. C., Romano F. L. (2006), "Metallic brackets bonded with resin-reinforced glass ionomer cements under different enamel conditions". *Angle Orthodontist*, 76 (4): 700-4.
- Powers J. M., Messersmith M. L. (2001), "Enamel etching and bond strength", en Brantley W. A., Eliades T. (eds.), *Orthodontic Materials: Scientific and Clinical Aspects*. Stuttgart, Germany: Thieme, pp. 105-22.
- Redlich M., Mayer Y., Harari D., Lewinstein I. (2003), "In vitro study of frictional forces during sliding mechanics of "reduced friction" brackets". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 124 (1): 69-73.
- Ryf S., Flury S., Palaniappan S., Lussi A., Van Meerbeek B., Zimmerli B. (2012), "Enamel loss and adhesive remnants following bracket removal and various clean-up procedures in vitro". *European Journal of Orthodontics*, 34 (1): 25-32.
- Saku S., Kotake H., Scougall Vilchis, R. J., Ohashi S., Hotta M., Horiuchi S., Hamada K., Asaoka K., Tanaka E., Yamamoto K. (2010), "Antibacterial activity of composite resin with glass-ionomer filler particles". *Dental Materials Journal*, 29 (2): 193-8.
- Salgado Villa S. K., Scougall Vilchis, R. J., Rodríguez Vilchis, L. E., Velázquez Enríquez U. (2016), "Efecto de un cepillo dental eléctrico con pastas dentales blanqueadoras sobre la superficie del esmalte. Estudio *In vitro*". *Superficies y Vacío*, 29 (4): 116-9.
- Scougall Vilchis R. J. (2010), "Evidencia científica para la aplicación de los agentes de autograbado en ortodoncia clínica". *Revista ADM*, LXVII (1): 8-12.
- Scougall Vilchis R. J., García Niño de Rivera M. W., Rodríguez Vilchis, L. E., González López B. S., Kubodera Ito T. (2010), "Efectos del blanqueamiento dental con peróxidos en la resistencia al descementado de las brackets ortodóncicas". *Revista Española de Ortodoncia*, 40 (3): 151-7.
- Scougall Vilchis R. J., González López B. S., Contreras Bulnes R., Rodríguez Vilchis L. E., García Niño de Rivera M. W., Kubodera Ito T. (2011), "Influence of four systems for dental bleaching on the bond strength of orthodontic brackets". *Angle Orthodontist*, 81 (4): 700-6.
- Scougall Vilchis R. J., Hotta Y., Hotta M., Idono T., Yamamoto K. (2009), "Examination of composite resins with electron microscopy, microhardness tester and energy dispersive x-ray

- microanalyzer". *Dental Materials Journal*, 28 (1): 102-12.
- Scougall Vilchis R. J., Hotta Y., Yamamoto K. (2008), "Examination of six orthodontic adhesives with electron microscopy, hardness tester and energy dispersive x-ray micro analyzer". *Angle Orthodontist*, 78 (4): 655-61.
- Scougall Vilchis, R. J., Hotta Y., Yamamoto K. (2007), "Examination of the enamel-adhesive interface with focused ion beam and scanning electron microscopy". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 131 (5): 646-50.
- Scougall Vilchis, R. J., Mimura S., Yamamoto K. (2007), "Propiedades de un adhesivo ortodóncico liberador de fluoruro que contiene partículas de relleno tipo S-PRG", 37 (2): 119-26.
- Scougall Vilchis R. J., Ohashi S., Yamamoto K. (2009), "Effects of 6 different self-etching primers on shear bond strength of orthodontic brackets". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 135 (4): 424.e1-7.
- Scougall Vilchis R. J., Ríos Medina L. G., Villarreal Camarena C. Y., Lara Carrillo E., Salgado Valdés A. (2013), "Comparación de la resistencia al descementado del esmalte humano versus el esmalte vacuno con un sistema de autograbado". *Revista Española de Ortodoncia*, 43 (2): 74-8.
- Scougall Vilchis R. J., Saku S., Kotake H., Yamamoto K. (2010), "Influence of different self-etching primers on the bond strength of orthodontic lingual buttons". *European Journal of Orthodontics*, 32 (5): 561-6.
- Scougall Vilchis R. J., Yamamoto S., Kitai N., Hotta M., Yamamoto K. (2007), "Shear bond strength of a new fluoride-releasing orthodontic adhesive". *Dental Materials Journal*, 26 (1): 45-51.
- Scougall Vilchis R. J., Yamamoto S., Kitai N., Yamamoto K. (2009), "Shear bond strength of orthodontic brackets bonded with different self-etching adhesives". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 136 (3): 425-30.
- Scougall Vilchis R. J., Zárate Díaz C., Hotta M., Yamamoto K. (2008), "Efectos de un nuevo agente de autograbado en la resistencia al descementado de los brackets ortodóncicos". *Revista Española de Ortodoncia*, 38 (3): 207-12.
- Scougall Vilchis R. J., Zárate Díaz C., Kusakabe S., Yamamoto K. (2010), "Bond strengths of different orthodontic adhesives after enamel conditioning with the same self-etching primer". *Australian Orthodontic Journal*, 26 (1): 84-9.
- Scougall Vilchis R. J., Zárate Díaz C., Wakamatsu N., Nakagawa T. (2009), "Resistencia al descementado de botones linguales colocados con diferentes sistemas adhesivos". *Revista Española de Ortodoncia*, 39 (1): 33-8.
- Shooter K. J., Griffin M. P., Kerr B. (2012), "The effect of changing crosshead

- speed on the shear bond strength of orthodontic bonding adhesive". *Australian Orthodontic Journal*, 28 (1): 44-50.
- Soderquist S. A., Drummond J. L., Evans C. A. (2006), "Bond strength evaluation of ceramic and stainless steel bracket bases subjected to cyclic tensile loading". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 129 (2): 175.e7-12.
- Tang A. T., Forsberg C. M., Andlin Sobocki A., Ekstrand J., Hägg U. (2013), "Lingual retainers bonded without liquid resin: a 5-year follow-up study". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 143 (1): 101-4.
- Tecco S., Traini T., Caputi S., Festa F., De Luca V., D'Attilio M. (2005), "A new one-step dental flowable composite for orthodontic use: an in vitro bond strength study". *Angle Orthodontist*, 75 (4): 672-7.
- Trites B., Foley T. F., Banting D. (2004), "Bond strength comparison of 2 self-etching primers over a 3-month storage period". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 126 (6): 709-16.
- Turk T., Elekdag Turk S., Isci D. (2007), "Effects of self-etching primer on shear bond strength of orthodontic brackets at different debond times". *Angle Orthodontist*, 77 (1): 108-12.
- Velázquez Enríquez U., Scougall Vilchis R. J., Contreras Bulnes R., Flores Estrada J., Uematsu S., Yamaguchi R. (2013), "Adhesion of Streptococci to various orthodontic composite resins". *Australian Dental Journal*, 58 (1): 101-5.
- Velázquez Enríquez U., Scougall Vilchis R. J., Contreras Bulnes R., Flores Estrada J., Uematsu S., Yamaguchi R. (2012), "Quantitative analysis of *S. mutans* and *S. sobrinus* cultivated independently and adhered to polished orthodontic composite resins". *Journal of Applied Oral Science*, 20 (5): 544-9.
- Velázquez Ramírez C. I., Scougall Vilchis R. J., Centeno Pedraza C., Arjona Serrano J., Kubodera Ito T. (2012), "Resistencia al descementado de las brackets fabricadas con resina". *Revista Española de Ortodoncia*, 42 (2): 73-7.
- Vicente A., Bravo L. A., Romero M. (2005), "Influence of a nonrinse conditioner on the bond strength of brackets bonded with a resin adhesive system". *Angle Orthodontist*, 75 (3): 400-5.
- Vicente A., Bravo L. A., Romero M., Ortiz A. J., Canteras M. (2006), "Effects of 3 adhesion promoters on the shear bond strength of orthodontic brackets: an in-vitro study". *Am. J. Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 129 (3): 390-5.
- Winchester L. J. (1991), "Bond strengths of five different ceramic brackets: an in vitro study". *European Journal of Orthodontics*, 13 (4): 293-305.
- Yadav J., Mehrotra P., Kapoor S., Mehrotra R. (2013), "Basis of orthodon-

- tics-bonding-A review". *Int. J. Dent. Sci. Res.*, 1 (1): 28-33.
- Zamudio Ortega C. M., Contreras Bulnes R., Scougall Vilchis, R. J., Morales Luckie R. A., Olea Mejía O. F., Rodríguez Vilchis, L. E. (2014), "Morphological, chemical and structural characterization of deciduous enamel: SEM, EDS, XRD, FTIR and XPS analysis". *European Journal of Paediatric Dentistry*, 15 (3): 275-80.
- Zamudio Ortega C. M., Contreras Bulnes R., Scougall Vilchis, R. J., Morales Luckie R. A., Olea Mejía O. F., Rodríguez Vilchis L. E., García Fabila M. M. (2014), "Morphological and chemical changes of deciduous enamel produced by Er:YAG laser, fluoride, and combined treatment". *Photomed Laser Surg*, 32 (5): 252-9.
- Zinelis S., Annousaki O., Makou M., Eliades T. (2005), "Metallurgical characterization of orthodontic brackets produced by metal injection molding (MIM)". *Angle Orthodontist*, 75 (6): 1024-31.

Adhesión contemporánea en Ortodoncia: Principios clínicos basados en evidencia científica de la autoría de Rogelio José Scougall Vilchis se terminó de editar, en su versión electrónica, el 15 de junio de 2018, en Ediciones y Gráficos Eón, S.A. de C.V., Av. México Coyoacán núm. 421, Col. Xoco, Deleg. Benito Juárez, Ciudad de México, C.P. 03330, Tels.: 5604 1204 y 5688 9112, <www.edicioneseon.com.mx>. Edición limitada de 50 ejemplares. Diseño de forros y caja de interiores: Hugo Iván González Ortega. Cuidado ortotipográfico: María de los Ángeles García Moreno.