



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de estomatología

Maestría estomatología con opción terminal en Rehabilitación Oral

Tesina

**“INCORPORACIÓN DEL MONÓMERO MDPB EN ADHESIVOS
AUTOGRABANTES PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES
FÍSICO-QUÍMICAS.”**

“QUE PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE MAESTRÍA”

Presenta:

C.D. Karla Isabel Altamirano García
Matrícula: 219450015

Director metodológico:

D.C. Rosendo Carrasco Gutiérrez
ID: 100008655

Director disciplinario:

M.C.E. I. Floriberto Calixto Arellano
ID: NSS011477

Directora disciplinaria:

Ana Karina Ley García
ID: 100215766

Puebla, Puebla. Junio 2021.



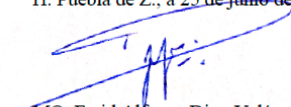
Oficio No. FESIEP/102/2021

C. Karla Isabel Altamirano García
Matrícula: 219450015
Alumno de la Maestría en Estomatología
Con opción Terminal en Rehabilitación Oral
De la Facultad de Estomatología
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
P R E S E N T E.

El que suscribe, MO. Farid Alfonso Dipp Velázquez, Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por este medio me permito informar a usted que esta Secretaría aprueba la impresión de la Tesina titulada "Incorporación del monómero MDPB en adhesivos autograbantes para mejorar sus propiedades físico-químicas", misma que presentará para realizar su examen profesional y obtener el grado de Maestro en Estomatología con Opción Terminal en Rehabilitación Oral.

Sin más por el momento, deseándole lo mejor, le reitero mi distinguida consideración.

Atentamente
"Pensar bien, para vivir mejor"
H. Puebla de Z., a 25 de junio de 2021.


MO. Farid Alfonso Dipp Velázquez
Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado
Facultad de Estomatología



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA
SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS RECEPTIONAL

Para obtener el Grado de: **Maestro(a) en Estomatología con opción terminal en Rehabilitación Oral**
Registro CIFE: 2021037 Fecha: 24/06/2021

Título de la Tesina: "Incorporación del monómero MDPB en adhesivos autograbantes para mejorar sus propiedades físico-químicas"


Nombre del alumno: **KARLA ISABE ALTAMIRANO GARCÍA** Matrícula: 2019450015

Domicilio: CALLE CANTERA #152 COL. PEDREGAL DE SAN JUAN. CP 63164. TEPIC, NAYARIT

Tel: 3112635918 Fecha de ingreso a la Facultad: Enero 2019

Firma: 

Director de tesis: MCEI. Floriberto Calixto Arellano Grado académico: **Maestro en Ciencias Estomatológicas Integrales**


Adscripción: Facultad de Estomatología ID: NSS011477 TEL: 2226180386 Firma: 

Director disciplinario: M.E.I. Ana Karina Ley García Grado académico: **Maestría En Estomatología Integral**

Adscripción: Facultad de Estomatología ID: 100215766 Tel: 2224553060

Firma: 

Director metodológico: MSP. Rosendo Gerardo Carrasco Gutiérrez Grado académico: **Maestría En Salud Pública** Adscripción: Facultad de Estomatología ID: 100008655 Tel: 2225053084

Firma: 

Lector: **MEI. Guillermo Franco Romero** Grado académico: **Maestría en Estomatología Integral** Adscripción:

Facultad de Estomatología ID: 100294988 Tel: 2222120657

Firma: 

Nombre y firma de aprobación del presidente de la academia/Responsable de la Maestría en Estomatología con Opción terminal Rehabilitación Oral

MEI. Guillermo Franco Romero

Firma: 

La Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Estomatología, autoriza la impresión de la Tesis.


MG. Farid Alfonso Dipp Velázquez

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA
SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESINA RECEPCIONAL**

Fecha: 24/06/2021

Sello



5. AGRADECIMIENTOS

Agradezco al universo por esta grande oportunidad de crecer como ser humano y profesionalista de la salud, por todo el aprendizaje y el camino recorrido hasta hoy.

A mis padres y hermanas por su amor y apoyo incondicional. Por ser mi base y hogar.

Agradezco a mi coordinador el Dr. Guillermo Franco por su guía, conocimiento compartido y por siempre impulsarnos a dar más y ser mejores.

A Dr. Calixto Arellano, director de Tesis, por su apoyo y guía en este proyecto y durante mi formación académica.

Agradezco a mis asesores, Dra. Ana Ley y Dr. Rosendo Carrasco por formar parte de este proyecto, por su guía, tiempo y colaboración.

A mis compañeros del posgrado por todo el aprendizaje, convivencia y apoyo. Gracias por esta nueva familia que me regaló el posgrado.

A mis profesores por aportar su visión única y conocimiento, por siempre ayudarme a hacer el mejor trabajo posible.

6. ÍNDICE

3. PORTADA INTERNA	2
4. DICTAMEN DE APROBACIÓN.....	3
5. AGRADECIMIENTOS.....	6
6. ÍNDICE	7
7. RESUMEN	7
8. INTRODUCCIÓN	10
9. CAPÍTULOS	11
CAPÍTULO I. MARCO CONTEXTUAL.....	11
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	12
CAPÍTULO III. MARCO REFERENCIAL	33
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA Y ANÁLISIS	37
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN	39
BIBLIOGRAFÍA	45

7. RESUMEN

Las restauraciones dentales adhesivas a nivel dentinario, tanto directas como indirectas, son una de los procedimientos más comunes y demandantes en la odontología moderna. Estos procedimientos son altamente sensibles a la técnica, debido a la complejidad del sustrato.

El ambiente de la cavidad oral es un medio húmedo que complica los procesos adhesivos y su estabilidad a lo largo del tiempo. Los principales problemas que estas pueden llegar a presentar son filtración, caries recurrente, sensibilidad, debilitamiento de la estructura y compromiso de la estabilidad restauración.

Todas las restauraciones, directas e indirectas, tienen un periodo de vida limitado, al haberse cumplido ó al haber fracaso previo a este, es necesario un cambio de restauración; y así da inicio el ciclo restaurador.

La infiltración de los imprimadores dentinarios tiene un efecto directo en la fuerza de adhesión de las restauraciones, ya que al lograr una infiltración más homogénea y mayor longitud de tags dentro de los tubulos dentinarios, se observa mayor fuerza de adhesión.

La degradación de la interface adhesiva se atribuye principalmente a la degradación de la capa híbrida. Hoy en día se acepta como una de las principales causas la activación de las metaloproteinasas de la matriz de colágeno. Una vez disuelta se crean micro espacios los cuales son susceptibles a colonización bacteriana, dando a lugar a la formación de caries secundaria.

Muchos sistemas adhesivos actuales, a pesar de presentar altos valores de fuerza adhesiva, han demostrado ser incapaces de prevenir la aparición de micro espacios entre el órgano dentario y la restauración in vitro.

Por lo tanto, los sistemas adhesivos dentinarios que poseen actividad antibacteriana después de ser colocados en la cavidad oral podrían tener un efecto beneficioso en la longevidad de las restauraciones.

Se ha reportado que la incorporación del monómero antibacterial 12-MDPB es un método eficaz para proporcionar una imprimación dentinaria eficaz antes y después de la polimerización.

El 12- MDPB es no polimerizado tiene una fuerte actividad antibacteriana y la imprimación que incorpora este monómero ha demostrado tener la capacidad de causar lisis bacteriana de las bacterias residuales del preparado de la cavidad.

Además, se han mostrado mejores valores de infiltración del adhesivo dentro del sustrato dentinario, para reducir el microgap entre las superficies restauradoras.

8. INTRODUCCIÓN

La odontología adhesiva ha ido evolucionando hacia la simplificación y mejora de los procedimientos preventivos y restauradores . En la era de la odontología mínima invasiva, el concepto de adhesión ha revolucionado la practica clínica de la mayoría de los odontólogos, permitiendo que los procedimientos sean cada vez más conservadores. (1)

Durante los últimos años, los sistemas adhesivos autograbantes han aumentado su aceptación por los odontólogos por su facilidad de uso para los tratamientos de resinas compuestas directas y cementaciones indirectas; sin embargo, estos sistemas han presentado signos de degradación en la interfase adhesiva con el paso del tiempo. (2)

Las restauraciones adhesivas directas tienen el objetivo de lograr una adaptación ideal al sustrato dental. A pesar de las considerables mejoras a los sistemas adhesivos, la contracción por polimerización y el envejecimiento de la capa híbrida genera espacios en la interfaz adhesiva. Esta pobre adaptación al sustrato dental puede predisponer al cambio de color, colonización bacteriana, caries secundaria y posteriormente inflamación pulpar.(3)

Una reducción del número de bacterias en este espacio podría influenciar positivamente a la reducción de la incidencia de caries secundaria. Por esta razón se han incorporado agentes antibacterianos a protocolos adhesivos, usualmente colocados previos al proceso adhesivo. Por otro lado, estudios recientes han demostrado mayores beneficios cuando el agente antibacteriano es añadido al imprimador dentinario.(4)

Con el fin de informar sobre una prometedora opción protocolo adhesivo, el presente trabajo se enfoca en la adición del MDPB, poniendo en contraste alternativas adhesivas actuales, con el fin de aclarar protocolos adhesivos beneficiosos tanto para el odontólogo como para el paciente.

PALABRAS CLAVE

Adhesión, MDPB, sistemas adhesivos, imprimador dentinario, adhesivos antibacterianos

9. CAPÍTULOS

Capítulo I. Marco contextual

El número de restauraciones adhesivas ha ido en aumento en las últimas décadas, numerosos estudios clínicos han reportado su éxito a largo plazo.(1)

Dentro de este rubro, las restauraciones de resina directas han tomado cada vez más importancia convirtiéndose en la primera opción al colocar restauraciones directas, tanto anteriores como posteriores. (5) (6)

Se ha reportado ampliamente el aumento de la longevidad de las restauraciones resinosas. Demarco F. y col. reportaron en el 2012 que la tasa de falla anual oscila entre 1-2% en restauraciones clase I y II de Black; dentro de las cuales las principales causas de fracaso a largo plazo fueron caries secundaria y factores asociados paciente como el bruxismo.(5)

Otras revisiones han concluido que las tasas medias falla anual varían entre 1% y 3% (7,8)

El concepto de generaciones se refiere la variedad de clasificaciones de los agentes cementantes en orden de aparición y desarrollo en la industria odontológica. (19)

Los primeros intentos de adhesión a dentina se registran en 1951 cuando Kurt Hagger, químico suizo introdujo el monomero funcional dimetacrilato de glicerol-fosfato (GPDM), que sigue vigente en la actualidad como monomefo funcional primario de algunos adhesivos contemporáneos como Optibond FL (Kerr). Más adelante en 1952 Kramer y McLean demostraron que este monómero mejoraba la

adhesión a dentina al “penetrar la superficie formando una capa intermedia”; concepto que se concretó más tarde como “capa híbrida”.(9)

En 1955 se publica el famoso artículo de Buonocore, en el cual se reporta el efecto de la aplicación de una solución ácida sobre el esmalte. El procedimiento involucraba aplicación de ácido ortofosfórico al 85%, que después se lavaba y secaba, con lo cual se obtenía un patrón de grabado con ácido de la superficie adamantina. Así cambiando el paradigma de la adhesión.(10)

Capítulo II. Marco teórico conceptual

ESTRUCTURA DEL ÓRGANO DENTAL

Histológicamente, los tejidos dentales duros incluyen esmalte, dentina y cemento.(9)

ESMALTE

El esmalte, componente principal de la dentición, es el tejido más mineralizado en el cuerpo humano, es acelular y complejo.(11)

Difiere de otros tejidos vertebrados mineralizados en el sentido de que es no colágeno, de origen epitelial, y no sufre reabsorción ni remodelación.

Sus propiedades físico-químicas únicas son gracias a su alto contenido en hidroxiapatita (90-92%), disposición paralela de cristales de apatita en prismas y alineación entrecruzada de prismas perpendiculares.(12)

Los constituyentes restantes del esmalte incluyen proteínas (1-2%) y agua (2-12%) por volumen. (13)

La formación de esmalte, amelogénesis, se logra mediante células llamadas ameloblastos. Estas células se originan en la capa germinal de ectodermo. El esmalte cubre la corona anatómica del diente, varía en grosor en diferentes áreas y está firmemente sujeto a la dentina por la unión amelodentinaria.(10)

El esmalte es el tejido más altamente calcificado (85% vol. mineral) y, por lo tanto, el tejido más duro del cuerpo humano.(13)

DENTINA

La dentina se puede definir como un complejo biológico poroso constituido por cristales de apatita en una matriz de colágeno. Esta matriz mineralizada es formada por los odontoblastos que comienzan a secretar colágeno en la zona amelodentinaria que posteriormente crecen de manera encriptada siguiendo los procesos odontoblásticos.(11)

La dentina es un tejido conectivo especializado de origen mesodérmico, formado de la papila dental del germen dental. Muchos investigadores consideran la pulpa y la dentina un mismo tejido, el cual forma el complejo dentinopulpar, con la dentina mineralizada constituyendo el producto maduro de la diferenciación y maduración celular.(14)

La dentina y el esmalte se consideran materiales jerárquicos debido a las múltiples escalas de longitud de los elementos microestructurales. En la escala de longitud más grande, la característica más distintiva de la estructura de la dentina son los túbulos. Los túbulos tienen numerosas funciones, incluida la hidratación del diente y es un conducto para la transducción de señales físicas a sensores sensoriales.(11) Esta red de canales se extiende radialmente hacia afuera desde la pulpa hacia la unión del esmalte de la dentina (DEJ) y el cemento. (15)

La densidad y el diámetro de los túbulos son más bajos en la DEJ y aumentan con la proximidad a la pulpa(15)

Los túbulos dentinarios son una característica principal de la dentina, representan los caminos tomados por las células odontoblásticas desde la unión amelodentinaria o cemento hacia la cámara pulpar. Éstos convergen en la cámara pulpar, por ende, la densidad y orientación de los mismos varían de acuerdo a su localización. (14)

El número de túbulos es más bajo al aproximarse a la unión amelodentinaria y más alto en la superficie de la predentina en la unión a la cámara pulpar, donde los cuerpos celulares odontoblasticos se encuentran en una matriz casi compacta; su densidad es menor en la raíz. (11)

El contenido de los túbulos incluye los procesos odontoblasticos, durante todo o parte de su curso; mas su extensión sigue siendo incierta.

Durante la mayoría de la extensión del túbulo, este es cubierto por una dentina peritubular altamente mineralizada, denominada dentina intratubular, conteniendo en su mayoría cristales de apatita con poca matriz orgánica. Los túbulos así mismo están separados por dentina intratubular compuesta de matriz de colágena tipo I reforzada con apatita, su concentración varía de acuerdo a su localización.(16)

Aunque esta microestructura básica está bien reconocida, la importancia potencial de factores como el origen étnico, el medio ambiente, la dieta, etc., generalmente se ignoran.

La dentina es una estructura biológica compleja, la cual es modificada por procesos fisiológicos, envejecimiento y enfermedad que da como resultado diferentes formas de dentina. Estas formas son pobremente definidas desde el punto de propiedades estructurales, siendo algunas de estas variaciones dentina primaria, secundaria, de reparación, esclerótica, transparente, cariosa, desmineralizada e hipermineralizada. (17)

La dentina humana es un complejo biológico altamente hidratado que consiste en 70% hidroxapatita, 20% material orgánico y 10% agua aproximadamente. (15)

La dentina primaria se forma durante el desarrollo del diente, su volumen y conformación varían de acuerdo a la forma y tamaño del órgano dentario. Está compuesta aproximadamente de 50 % vol. de mineral en forma de apatita rica en carbonato y deficiente en calcio, 30% vol. de materia orgánica en su mayoría colágeno tipo I; y aproximadamente 20% vol. de fluido, similar a plasma, pero mal

caracterizado. Otras proteínas no colágenas y componentes orgánicos se encuentran presentes en menor cantidad(17)

Dentina primaria: se forma durante el desarrollo del diente. Su volumen y conformación, reflejando la forma del diente, varían con el tamaño y la forma del diente. (11)

La dentina secundaria produce un estrechamiento gradual de la cámara pulpar. Se caracteriza por su estructura tubular regular que es similar a la dentina primaria, pero con un cambio en la orientación de los túbulos su deposición no es uniforme.(18)

Dentina terciaria (reparadora): se deposita en áreas localizadas en el interior de la cámara pulpar como resultado de lesiones, como abrasión o caries. Parece ser una respuesta protectora y tiene una estructura menos regular con pocos y menos bien alineados túbulos (17)

Dentina esclerótica: se refiere a la dentina que ha alterado la mineralización y la estructura como resultado de una caries o un proceso de irritación (17)

La permeabilidad de la dentina es variable y depende de la ubicación, siendo mayor cerca de la pulpa y cuernos de pulpa que las áreas adyacentes, lo que refleja las diferencias en la densidad de los túbulos y aumenta el diámetro de los túbulos más cerca del pulpa(17)

ADHESIÓN

La adhesión es la atracción molecular o anatómica entre dos superficies contactantes promovidas por una fuerza de atracción entre moléculas o átomos de dos especies diferentes, esta puede ocurrir como adhesión química, mecánica o una combinación de ambas.(18)

Según el Glossary of prosthodontic terms podemos definir la adhesión como la propiedad de permanecer en proximidad, como la resultante de la atracción física de moléculas a una sustancia o atracción molecular existente entre las superficies de los cuerpos en contacto.(19)

Un adhesivo es una sustancia que promueve la adhesión de una sustancia o material a otra.(19)

Una unión adhesiva sucede cuando dos materiales son unidos mediante un adhesivo que se solidifica.

La adhesión compromete un complejo de mecanismos químicos y mecánicos que permiten la fijación y unión de una sustancia a otro.(20) Un sistema de adhesión dental debe cumplir 3 funciones esenciales:

1- Proveer resistencia a la separación de un substrato adherido a una restauración o material cementante, 2- distribuir el estrés a través de la interfaz adherida y 3- sellar la interfaz mediante la unión adhesiva entre la dentina o esmalte y el material adherido, a su vez aumentar la resistencia la microfiltración y disminuir el riesgo de sensibilidad post-operatoria, pigmentación marginal y caries secundaria.(21)

CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS ADHESIVOS POR GENERACIONES

Primer generación

La primer generación contenía GPDM como ingrediente activo, que tiene el potencial de enlace ionico con hidroxiapatita a través de su grupo funcional fosfato.(9)(22)

Posteriormente fueron a gregados monómeros de superficie activa como el N-monómero de Bowen (NPG-GMA) a las formulaciones adhesivas primitivas basadas en GPDM. Uno de los primeros agentes adhesivos disponibles comercialmente fue comercializado en 1960 como Cervident (SS White). Sin embargo, estos adhesivos presentaban una fuerza de adhesión inestable y muy baja 2-3 MPa fuerza.(23)

A finales de los años setenta y ochenta, las investigaciones se dirigieron hacia sintetizar monómeros funcionales con la capacidad de interactuar químicamente con la hidroxiapatita y componentes dentinarios orgánicos.(9)

Segunda generación

Se categorizaron en tipos de unión, a calcio o a dentina.

La capa de barrillo dentinario no era removida, lo cual resultaba en pobres y poco confiables valores adhesivos.

Productos como Clearfil Bond System F (Kuraray), Bondlite (Kerr/Sybron), J&J VLC Dentin Bonding Agent (Johnson & Johnson Dental) y Scotchbond (3M Dental) contenían ésteres de fósforo de derivados de metacrilato.

Se obtuvo fuerza de enlace adicional, sin embargo no superó los 5-6 MPa. El barrillo dentinario superficial en ese momento no se consideró suficiente como para interferir con la interacción potencial (química) del monómero funcional con el sustrato dentinario. (23)

En 1982 Nakabayashi introduce el término "CAPA HÍBRIDA", refiriéndose a la estructura formada en la superficie de la dentina por la previa desmineralización (parcial/ completa) seguida de infiltración de monómeros y su posterior polimerización.(24)

Poco a poco abandonando el concepto que la interacción química con el tejido dental, como se persigue con la segunda generación de adhesivos, la comunidad científica se convenció gradualmente de la necesidad de la retención micromecánica de las superficies dentales como un mecanismo principal de adhesión.

Tercera generación

En 1979 Fusayama propone el concepto de grabado dentinario, con el objetivo de remover la capa de barrillo dentinario. Así mismo presentó evidencia que apoyaba la teoría que las células inflamatorias a nivel pulpar posterior a los procedimientos adhesivos se debían a presencia bacteriana, refutando la creencia que la acidez en la técnica de grabado ácido inducía proliferación de células inflamatorias.

Éste concepto ganó aceptación mundial, lo cual condujo a la comercialización del adhesivo Clearfil New Bond (Kuraray) en 1984.(25)

El grabado de ácido fosfórico fue seguido por la aplicación de un agente adhesivo de curado químico de dos componentes, que ya contenía el monómero 10-metacriloyloxicil dihidrogenofosfato (10-MDP). En años pasados no se utilizó con la intención de interactuar químicamente con HAp. Hasta el día de hoy, el 10-MDP todavía se considera uno de los monómeros funcionales más eficaces.(23)

En particular en Europa y los Estados Unidos, la aplicación de grabados de ácido fosfórico a la dentina seguía desaconsejándose debido a su efecto supuestamente nocivo en la pulpa subyacente, incluso con una base cavitaria. En cambio, la disolución/eliminación de la capa de barrillo dentinario se obtuvo, con EDTA (17%), que se aplicó y enjuagó antes del adhesivo, utilizando el conocido adhesivo Gluma (Bayer Dental). (23)

Alternativamente, se utilizaron soluciones monómeras ácidas acuosas, como la botella de oro Scotchprep (3M Dental), que contenía un 2,5% de ácido maleico mezclado con un 55% de metacrilato de 2-hidroxietilo (HEMA) como parte del adhesivo de dos pasos Scotchbond 2 (3M Dental). (23)

Cuarta generación

Se utiliza la técnica de “grabado total”, basada en investigaciones japonesas originalmente dirigidas por el grupo de Fusayama.

El término “grabado total” o “total-etch” se refiere al grabado con ácido fosfórico simultáneo de esmalte y dentina. Según la investigación publicada, pretende interactuar de manera más intensa con la dentina; la técnica de grabado total evolucionó hacia sistemas adhesivos de varios pasos, en los cuales se incluyó el uso separado de un acondicionador y un imprimador antes de la aplicación de la resina adhesiva en un procedimiento de tres pasos.(26)(25)

El más significativo avance de los adhesivos de cuarta generación sucedió cuando el grabado de dentina con 30 a 40% de ácido fosfórico ya no se consideraba perjudicial para la pulpa vasta documentación científica sobre el colapso de las fibras de colágeno debido a la desecación de la dentina, por lo cual se comienza con la técnica de adhesión húmeda o wet-bonding technique en la cual se recomienda no secar completamente la dentina sino más bien mantenerla visiblemente húmeda. Los sistemas adhesivos a base de acetona se vieron beneficiados por la decisión húmeda ya que la acetona ayuda a desplazar el agua residual mientras que el agua incorporada en esta formulación simultáneamente mantiene la fibrilar de colágeno desmineralizada accesible para la infiltración de la resina. Sin embargo la principal desventaja de esta técnica es su alta sensibilidad al correcto grado de humectación de la superficie de la dentina, si esta superficie está muy húmeda o se encuentra desecada, la técnica adhesiva se ve significativamente comprometida.

El término imprimador ya no era suficiente para referirse al procedimiento de aplicación de varios pasos, por lo que fue sustituido por “sistema adhesivo”.

El uso del término “acondicionador” se originó a principios de la década de los 90’s para sustituir al término “grabado”.(23)

El grabado elimina completamente la capa de barrillo dentinario, más el 30-40% de los adentes acondicionadores de ácido fosfórico desmineralizan la dentina y tras su

enjuague, una red microporosa de fibras de colágeno pobres en hidroxiapatita queda expuesta.(27)

El imprimador aplicado posteriormente funciona como promotor de la decisión ya que contiene monómeros hidrofílicos como el monómero funcional HEMA, el cual es un agente eficaz de humectación superficial así como es capaz infiltrarse en el colágeno húmedo en la superficie dentina desmineralizada.

Dentro de las principales desventajas de este monómero se encuentran su baja capacidad de polimerización, baja contribución a la resistencia mecánica, alta absorción de agua y biocompatibilidad desfavorable, particularmente en términos de su potencial alérgico documentado.(23)

Los imprimadores típicos del sistema de grabado total contienen monómeros disueltos en diferentes combinaciones de etanol acetona y/o disolvente de agua. El solvente actúa como portador para facilitar la infiltración de monómeros y la envoltura de resina de las fibras de colágeno individuales. Tras la aplicación la imprimación se seca suavemente con aire para promover la evaporación total del disolvente, se ha comprobado que la permanencia del disolvente daña la hibridación y la posterior polimerización de la resina dentro de la capa híbrida de 4 a 6 micrómetros de espesor. Por lo tanto se puede decir que los imprimadores de grado total tienen como principal objetivo hacer que la red de fibras de colágeno húmedo sea más receptiva para la posterior infiltración de monómeros más hidrófobos, como se contiene el agente de Unión real o recién adhesiva aplicada en el tercer y último paso adhesivo. Este proceso da como resultado la formación de abundantes tags de resina como que junto con la hibridación intertubular constituyen el mecanismo de unión, principalmente micromecánico de los adhesivos de grabado total. (23)

En 1990 Inokoshi y col. introducen la técnica de bombardeo de iones de argón como que sirve para mejorar la topografía de la superficie para visualizar la formación de capacidad y tags de resina en las interfaces adhesivas mediante más la microscopia electrónica de barrido. Además , Nakabayashi y Watanabe en 1983 y 1985

respectivamente, fueron los principales en informar inicialmente en la literatura japonesa sobre el uso de la microscopia electrónica de transmisión para caracterizar ultra morphology secciones transversales de la microscopía electrónica de transmisión te.

Quinta generación

En la siguiente fase se apostó por la simplificación en primer lugar reduciendo el número de pasos de aplicación mientras que también afirmaba reducir la sensibilidad técnica de los adhesivos de varios pasos como una importante herramienta de comercialización de estos nuevos adhesivos simplificados. (26)

La nueva generación son adhesivos de grabado y enjuague de 2 pasos, que combinaban al menos dos de las 3 funciones primarias del grabado, imprimación y adhesión.

Los adhesivos de quinta generación Etch and rinse o grabado y enjuague de 2 pasos que combina la imprimación y al agente adhesivo en adhesivos de una botella. Aunque estos adhesivos se volvieron muy populares se paga un precio significativo ya que generalmente presentan un menor rendimiento clínico y de laboratorio. La fuerza de adhesión mejoró cuando los adhesivos de 2 botellas se aplicaron en múltiples capas, potencialmente de curado ligero por separado o fueron seguidos por la capa de aplicación de una capa adicional básicamente transformando los adhesivos simplificados en adhesivos de varios pasos.(27)

Sexta generación

Son llamados sistemas adhesivos de auto-grabado que caracterizaron por productos que no requieren un paso de grabado separado, ya que contienen monómeros ácidos capaces de grabar y difundirse en la dentina simultáneamente.

Estos sistemas adhesivos demandan un número menor de pasos de aplicación y su uso es mucho más simple en comparación a los agentes adhesivos que le preceden, volviendo al proceso de hibridación más rápido y menos sensible a posibles errores del operador. (28)

El concepto de autograbado se cual se evualó durabilidad de la adhesión en dentina bovina por un adhesivo experimental que comprende TEGDMA. En ese estudio, el adhesivo se aplicó en un solo paso, sin tratamiento de dentina separado, seguido composite. Los valores de fuerza de adhesión eran desfavorables, desde 6,7 MPa después de 24 horas de almacenamiento, hasta 2.8 MPa últimos 12 meses de almacenamiento. (28)

Basado en el enfoque de Watanabe y Nakabayashi, en 1990 se intrduce el primer sistema adhesivo de la sexta bajo el nombre de Clearfil Liner Bond 2 (Kuraray Co., Osaka, Japón) (28)(23)

Séptima generación

Son los adhesivos autoadhesivos de 2 pasos o 2 step self-etch, que proporcionan una imprimación autoadhesiva ácido, básicamente combinando el grabado ácido con la imprimación, seguida de la aplicación de una resina adhesiva. Estos adhesivos ya no requieren una fase de enjuague.

Se pueden subdividir a su vez según su acidez y agresividad, junto con los adhesivos de octava generación:(27)

Fuerte (pH<1),

Intermediamente fuerte (pH=1-2)

Débil (pH≈2)

Ultra-débil (pH>2.5)

Octava generación

También llamados Adhesivos Universales. Son los verdaderos adhesivos autoadhesivos de un paso o “todo en uno” (All-in-one adhesives) que combinan las

3 funciones de grabado, imprimación y adhesión en un solo paso de aplicación sino una fase de enjuague con agua. Uno de los primeros en ser comercializados fue el Apple com que rápidamente ganó popularidad gracias a su fácil y rápida aplicación en combinación con un sistema.(27)(20)(29)

CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS ADHESIVOS POR SU MECANISMO DE ACCIÓN

Los sistemas adhesivos contemporáneos se pueden clasificar en tres pasos, dos pasos y un paso, dependiendo en como se logran o son simplificados los tres pasos esenciales: grabar, imprimir y unión a los sustratos dentales.

Así mismo según su sistema de grabado, los adhesivos dentinales se pueden clasificar en: (2)

Método de grabado	Grabado	Imprimador	Adhesivo	Pasos	
Ácido fosfórico	Ácido fosfórico	Imprimador	Adhesivo	3	Sistema convencional de 3 pasos
Ácido fosfórico	Ácido fosfórico	Adhesivo imprimante		2	Sistema de adhesión húmeda
Imprimador auto-adhesivo	Imprimador auto-grabante		Adhesivo	2	Sistema de imprimador auto-grabante
Imprimador auto-adhesivo	Adhesivo auto-grabante			1	Todo en uno

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS ADHESIVOS POR SU MECANISMO DE ACCIÓN (23)

Los imprimadores auto-grabantes combinan los pasos de grabado y los pasos de imprimación en un solo procedimiento. Los imprimadores auto-grabantes no graban tan bien como ácido fosfórico al 35% debido a su PH relativamente suave. (1.5 – 3.0 para imprimadores auto-grabantes y 0.42 – 0.02 para ácido fosfórico) (27)

Los imprimadores auto-grabantes se aplican sobre el smear layer cubierto de dentina, seguido de una breve aplicación de aire secante a la dentina, el fabricante especifica que la superficie imprimada no debe ser lavada con agua. Por lo tanto el componente ácido desmineraliza a través del barrillo dentinario y se difunde a una corta distancia hacia la dentina subyacente, resultando en la creación de una capa híbrida delgada pero fuertes enlaces a dentina. Se ha reportado que los sistemas adhesivos de imprimador auto-grabante producen buena adhesión tanto a esmalte como a dentina .(10)

El sistema adhesivo más reciente es el sistema de 1 paso, el cual combina los tres procedimientos cardinales , grabar, imprimir y adhesión, todo en una sola aplicación (sistemas all-in-one). Por lo tanto, esta solución de resina adhesiva desmineraliza la superficie del diente a través del esmalte y del barrillo dentinario.(26)

En general, se ha reportado que los valores de adhesión a dentina en este sistema son relativamente menores a los del sistema de auto-grabado. (30)

La estrategia de grabado y enjuague mejoró la fuerza de unión a cizallamiento a esmalte, y difirió significativamente de la estrategia de auto-grabado de todos los adhesivos universales antes del procedimiento de envejecimiento ($p < 0.05$). (2)

Después del envejecimiento las comparaciones realizadas en adhesivo suave e inmediatamente fuerte, resulto en una diferencia entre los procedimientos de adhesión, favoreciendo a la estrategia de grabado y enjuague.

Se ha demostrado que el desempeño de los adhesivos universales es dependiente de su pH, el sustrato al cual fue adherido y la estrategia con la cual fue adherida: auto-adhesivo o grabado y enjuague.(23)

Referente a la estabilidad entre los procedimientos grabado y enjuague o auto-grabado, según el meta-análisis de Cuevas-Suárez et al. se determinó que la fuerza de unión permaneció estable después de cualquier tipo de envejecimiento para adhesivos suaves e intermediamente fuertes. (31)

El protocolo de grabado y enjuague mejora la fuerza de adhesión microtensil de los adhesivos universales antes del envejecimiento y se demostró la misma tendencia después del envejecimiento. (27)

En cuanto a adhesivos suaves, el protocolo de grabado y enjuague fue estadísticamente similar al protocolo de auto-grabado previo al procedimiento de envejecimiento en dentina. El análisis de estabilidad de fuerza de unión reveló que ambas estrategias permanecieron estables después del proceso de envejecimiento. (27)

Para adhesivos inmediatamente fuertes, la estrategia de grabado y enjuague en dentina favoreció la fuerza de adhesión tanto inmediata como después del envejecimiento. En términos de estabilidad, la fuerza de adhesión también fue afectada después del proceso de envejecimiento en todos los protocolos analizados. (27)

Los imprimadores auto-grabantes contienen un monómero ácido, cuando este es aplicado a la capa de barrillo dentinario que cubre la superficie del diente modifica o disuelve la capa de barrillo dentinario y descalcifica la superficies de esmalte y dentina. (23)

Desde un punto de vista clínico parece que en la estabilidad a largo plazo de un adhesivo es más deseable que alcanzar mayor fuerza de adhesión inicial.

La adhesión a dentina es considerada como un procedimiento más desafiante debido a la composición del sustrato. Los recientes resultados han demostrado que la fuerza de adhesión a dentina fue afectada por el protocolo adhesivo y el pH del adhesivo utilizado.(26)

El protocolo de grabado y enjuague mejoró los niveles de adhesión

Se ha reportado que los sistemas adhesivos que utilizan un imprimador auto-grabante producen buena adhesión tanto esmalte como a dentina. Se ha demostrado que estos sistemas tienen excelente desempeño clínico y alto índice de retención en las variadas situaciones clínicas. (32)

ANTIBACTERIANOS BASADOS EN AMONIO CUATERNARIO

Desde el descubrimiento de que la caries es una enfermedad infecciosa inducida por bacterias cariogénicas, se ha intentado crear materiales dentales con efecto antibacterial. (33)

Investigaciones realizadas en las décadas de los 60's y 70's utilizaron un diseño simple, en el cual se añadían antimicrobianos solubles a materiales restaurativos existentes con el fin de crear un efecto antibacteriano mediante la liberación de estos agentes en un ambiente húmedo. Sin embargo este enfoque no tiene relevancia desde el punto de vista clínico, ya que los periodos de liberación eran limitados y repercutían en la eficacia y el deterioro de la restauración a lo largo del tiempo.(34)

Imazato y col. resolvieron este problema al introducir el concepto de "bactericida inmovilizado" a la odontología. Un bactericida inmovilizado comprende componentes antibacterianos que son estabilizados mediante varias reacciones químicas fuertes, como enlaces covalentes, a un material portador y no se filtran de la superficie, sin embargo inhiben las bacterias que entran en contacto.

Esta tecnología permite la liberación de agentes antibacterianos en materiales restauradores y es más ventajoso en cuanto a longevidad del efecto y mantenimiento de las propiedades mecánicas de los materiales portadores.(35)

En 1993 Imazato y col. Reportaron introdujeron la idea de desarrollar monómeros antibacteriales con la capacidad de co-polimerizar con los monómeros de resina metacrilato. A partir de este punto, se ha conducido investigación profunda en el monómero más prometedor, bromuro de metacrililoxidodecilpiridinio (MDPB), sintetizado a partir de amonio cuaternario.(36)

Mediante la combinación de varios conservadores o antimicrobianos con metacrilato se sintetizaron varios monómeros antibacterianos experimentales, dentro de los cuales se identifica el MDPB, análogo del cloruro de cetilpiridinio. Estos nuevos materiales logrados bajo el esquema de inmovilización muestran grandes ventajas como una actividad bacteriana duradera, sin comprometer sus propiedades mecánicas y biocompatibilidad

En la actualidad existen numerosos reportes de nuevos monómeros antibacterianos y su utilización en el campo dental y médico; la mayoría de estos compuestos dependen del amonio cuaternario para ejercer actividad bactericida. (30)

Chen y col. combinaron el grupo metacrilato con grupos de amonio cuaternario alifático y sintetizó varios monómeros antibacterianos catiónicos, como el cloruro de metacriloxietilcetil dimetil amonio. Caillier y col. prepararon varios monómeros catiónicos experimentales que potencialmente pueden usarse para el desarrollo de recubrimientos poliméricos antibacterianos.(34)

El mecanismo de actividad antibacteriana de estos monómeros cationicos es considerada similar a la de los compuestos de amonio cuaternario, sin embargo no se ha aclarado a mayor detalle.

Los compuestos de amonio cuaternario poseen un carácter anfifílico, que les permite interactuar fuerte y rápidamente con la membrana celular, aspecto relacionado con sus actividades antibacterianas. La ruptura de la bicapa lipídica y posterior muerte del microorganismo sucede mediante la interacción de los monómeros de amonio cuaternario cargados positivamente con la membrana celular cargada negativamente. (37)

Las investigaciones actuales se conducen hacia mejorar la actividad antibacteriana o la capacidad de polimerización de los monómeros antibacterianos basados en amonio cuaternario. Caller y col. Sintetizaron múltiples antimicrobianos con 2 átomos de nitrógeno cuaternizado, los cuales demostraron tener una actividad antibacteriana mayor a sus monómeros análogos de amonio. (38)

Con el objetivo de incrementar la cantidad de monómeros antibacterianos incluidos en los materiales resinosos para mejorar su actividad antibacteriana sin comprometer su biocompatibilidad. Chen y col. desarrollaron nuevos monómeros de amonio cuaternario con dos porciones metacrílicas polimerizables.

Antonucci y col. También reportaron nuevos monómeros de dimetacrilato con grupos de amonio cuaternario sintetizados a través de reacción Menschutkin

Los monómeros difuncionales pueden ser más eficaces en la producción de superficies activas con mayores densidades de agentes antimicrobianos inmovilizados debido a su mayor capacidad de polimerización. (34)

Al día de hoy las investigaciones sobre el MDPB, el pionero de los monómeros antibacterianos, es intensa y su aplicación en varios materiales ha conducido a ser utilizado con éxito en un único producto comercial, Clearfil SE protect de la casa comercial Kuraray. (34)

Efectos antibacterianos de los monómeros basados en amonio cuaternario antes de la polimerización

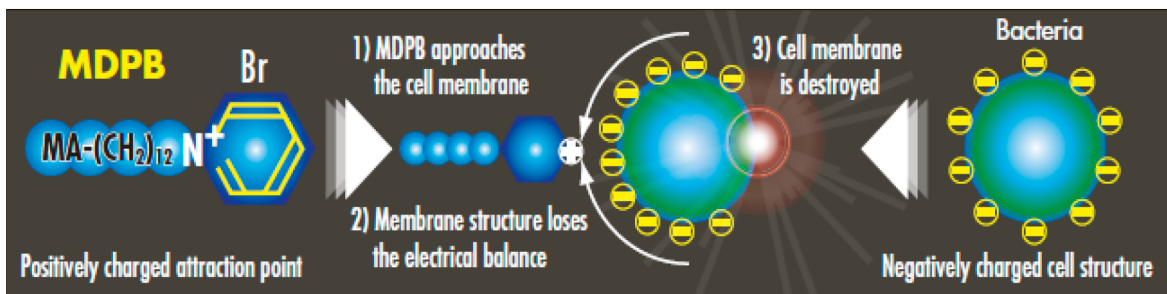


Ilustración . Función antibacteriana de MDPB en tres pasos; (1) La molécula de MDPB cargada positivamente se acerca a la membrana celular; (2) La bacteria estructura de la membrana pierde el equilibrio eléctrico; (3) la membrana celular se destruye. (39)

Los monomeros antibacterianos actuan como bactericidas libres, de forma similar a los antimicrobianos convencionales hasta el momento de la polimerización.

Los valores concentración mínima bactericida del MDPB contra microorganismos detectados en lesiones curiosas, incluidos estreptococo lactobacili y un gran numero de bacterias anaerobias fluctúa en un rango de 15.6 a 125 µg/mL.

Como se menciona anteriormente, MDPB está cargado positivamente por lo que puede interactuar con la bacteria cargada negativamente de manera muy rápida. Por ejemplo, el Streptococo mutans se logra matar a al exponerse a MDPB en una concentración de 500 125 µg/mL durante 40s cuando el numero de bacterias es pequeño. (40)

Incluso en concentraciones menores a la CMI (concentraciones mínimas inhibitorias) el MDPB tiene la capacidad de inhibir el crecimiento y metabolismo del *S. mutans*. (38)

Después del contacto con 8 mg / ml de MDPB con el *S. Mutans*, la tasa de producción de ácido y la cantidad de lactato, producto final de la fermentación de glucosa del *S. mutans* se redujo significativamente, posiblemente debido a la inhibición de la actividad de la lactato deshidrogenasa. (38)

Toxicidad de los monomeros basados en amonio cuaternario

La seguridad biológica de los monómeros antibacterianos toma especial importancia debido a que la mayoría de los monómeros utilizados en los materiales dentales resinosos se han identificado como citotóxicos.

La toxicidad del MDPB en la viabilidad celular o funciones celulares se ha investigado usando fibroblastos de ratón, células similares a odontoblastos y células pulgares humanas. De tales investigaciones se puede concluir que el MDPB es un monómero aceptable para uso dental.(41)

Basados en los resultados de pruebas de citotoxicidad celular para evaluar la viabilidad celular, la concentración tóxica del 50% para MDPB contra células pulpares humanas se estimó en 20- 40 $\mu\text{g/mL}$. Es importante resaltar que estos valores se encuentran en el mismo rango del monómero TEGDMA.

La influencia negativa en la capacidad de mineralización del MDPB de los odontoblastos resultó menor en comparación con aquella del Bis-GMA y MDP. (42)

Efectos antibacterianos de monómeros basados en amonio cuaternario después de la polimerización

El monómero antibacteriano que es inmovilizado por polimerización no exhibe la misma fuerza inhibitoria. Los efectos debilitados posteriores a la polimerización se deben a que el movimiento de la molécula inmovilizada es limitado.(39)

Mientras que los monómeros de amonio cuaternario libres y no polimerizados pueden matar rápidamente las bacterias, el monómero antibacteriano que es inmovilizado por polimerización no exhibe la misma fuerza inhibitoria. Los efectos debilitados posteriores a la polimerización se deben a que el movimiento de la molécula inmovilizada es limitado. (42) (43)

Cuando el MPDB se encuentra en una matriz resinosa, solo se ejerce efectos bacteriostáticos. (42)

Investigaciones futuras apuntan a determinar el mecanismo detallado por el cual los polímeros que contienen monómeros de amonio cuaternario inhiben la actividad bacteriana. Se ha demostrado que varios materiales dentales experimentales resinosos que incorporan MDPB, como resinas adhesivas y compuestas, demuestran efectos bacteriostáticos posteriores al curado.(44)

Se recomienda un límite de concentración de MDPB de no más 2.5% para resinas adhesivas ó 5% para imprimadores dentinarios, se debería limitar a 0.4% para prevenir la liberación de del agente en caso de su incorporación a resina compuesta. (38)

Una limitación de modificar materiales resinosos con monómeros catiónicos es que las superficies modificadas son bastante propensas a la adsorción de proteínas; la película de proteína adsorbida puede reducir significativamente los efectos antibacterianos originales del bactericida inmovilizado. (43)

Las restauraciones dentales están en un ambiente húmedo, en contacto directo con saliva, estas tienden a presentar una reducción de la actividad antibacteriana debido a la capa de proteína salival formada en su superficie; este es uno de los principales desafíos que se deberán afrontar al desarrollar nuevos materiales dentales. (6)(5) Además cuando el MDPB se encuentra mezclado con una matriz resinosa, éste solo ejerce un efecto bacteriostático.(33)

Comercialización del imprimador con MDPB

Para desarrollar sistemas adhesivos bioactivos con actividad antibacteriana, la casa comercial kuraray desarrolló un imprimador dentinario mediante la incorporación de MDPB dentro del imprimador de un sistema adhesivo autograbante (Clearfil Liner Bond 2, Kuraray Medical, Japan). El imprimador experimental que contenía 5% MDPB demostró efectos bactericidas rápidos en contra *S. Mutans* y anaerobios recuperados de muestras de caries en dentina. En base a este imprimador

experimental se desarrolló el primer sistema adhesivo antibacteriano conteniendo MDPB, el cual se comercializó por mostrar resultados confiables como desinfectante cavitario (Clearfil SE Protect Bond, Kuraray Medical, sold as Clearfil SE Protect en EUA y Clearfil Mega Bond FA en Japón) (33)

Capítulo III. Marco referencial.

En el 2013 Deng y colaboradores estudiaron la influencia de la clorhexidina (CHX) en la durabilidad de unión de los sistemas adhesivos de grabado y enjuague y autograbado mediante el método de termociclado con reacción en cadena de polimerasa (PCR). Utilizaron 20 molares extraídos que fueron sometidos a un adhesivo de grabado y enjuague (Single-Bond) o un adhesivo de autograbado (G-Bond). Los especímenes fueron no tocados o puestos en tubos de PCR llenados con tres medios de termociclado: agua, clorhexidina o aceite de silicón. Se realizaron termociclos (5000 ciclos) en PCR a 5°C y 55°C. Se evaluó la resistencia de la unión microtensil (ITBS) y se evaluó la fuga de la interfaz por microscopía electrónica de barrido antes y después del termociclado. Se encontró que la CHX preservaba la durabilidad de la unión en Single-Bond ($p < 0.001$) pero no tienen efectos significativos sobre G-Bond.

Brambilla y col. en 2013 evaluaron la actividad del MDPB contenido en el imprimador auto grabante contra los *Streptococcus mutans* y su habilidad para reducir la formación de perfil en un experimento estandarizado de lesiones clase 1 *in vitro*. 40 restauraciones clase 1 fueron preparadas en esmalte y dentina para las cuales se utilizaron diferentes estrategias adhesivas grupo 1 adhesivo conteniendo MDPB grupo dos sistema adhesivo auto grabante grupo 3 imprimador auto grabante con mdp B en combinación con un agente adhesivo libre de flúor grupo 4 imprimador auto grabante libre de mdp en combinación con un agente adhesivo que contenía LUGO grupo 5 un sistema adhesivo de 3 pasos lavado bien. Un bio film de *Streptococcus mutans* creció por 48 horas en la restauración y superficies subsecuentemente se evaluó utilizando un microscopio electrónico en 3 diferentes áreas esmalte resina y la interfase de las superficies. Los resultados mostraron que los grupos 2, 4 y 5 la información de FIL fue mayor que en los grupos 1 y 3 en todos los sustratos investigados. Por lo cual se concluye que los especímenes preparados con un imprimador que contenía mdp B exhibieron un significativo decremento en el video film formación de bio film en restauraciones clase 1 *in vitro*. (40)

Carvalho F. y colaboradores en 2013 evaluaron la biodegradación de la dentina afectada por caries y el efecto del fluoruro OMDPB que contenía el sistema adhesivo en la durabilidad de la decisión en un sistema artificial de caries inducida en dentina al cual fue expuesto a *Streptococos mutans* para su posterior almacenamiento en agua. La dentina infectada por caries fue removida con fresa según el criterio clínico de cavidades cada y se restauraron con adhesivo Clearfil Protect Bond y AdperScotchbondMulti-Purpose para posteriormente ser sujetas a una prueba de fuerza microtensil de adhesión (μ TBS), se observó un significativo decremento en la μ TBS después del cultivo de *Streptococos mutans* y su almacenamiento en agua también se observó que el adhesivo Clearfil Protect Bond tuvo una capa híbrida más homogénea que el Adper Scotchbond Multi-Purpose.(45)

En el mismo año, 2013, Zhang y col. Proponen agentes antimicrobianos duales añadiendo partículas de nano plata y MDPB para inhibir la caries dental se evaluaron la viabilidad del bio film, su actividad metabólica, ácido láctico fuerza de adhesión a dentina y toxicidad fibroblástico. se utilizó un cincel colocado paralelo a la interfaz resina dentina la cual fue cargada con una máquina de pruebas universales a 0.5 mm hasta falla los resultados demostraron que no existían diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo control con partículas de plata no degradaron la fuerza adhesiva.

Se concluyó que la adición de estos monómeros a los sistemas adhesivos no comprometen los valores de adhesión a dentina Asimismo redujeron la actividad del biofilm, la cual se obtuvo en mayor medida en el imprimador conteniendo MDPB y Nag.(46)

En cuanto a características adhesivas Sidhu y colaboradores en 2013 evaluaron las características adhesivas del nuevo adhesivo Clearfil Protect Bond en contraste con Clearfil SE Bond después de su almacenamiento por 24 horas en agua a 37° C. Se prepararon las muestras, seccionandolas para ser probadas para realizar la prueba

micro-tensil de adhesión. Las superficies de los especímenes fracturados fueron observados utilizando SEM, para observar la ultra morfología de la interfase las superficies oclusal es fueron preparadas con una capa ligera de resina fluida. La media de fue de 39,68 MPa (G-Bond), 45 Mpa(Clearfil Protect Bond) y 64,97 MPa (Clearfil en cuanto a la observación de las superficies fracturadas mostrar una una mezcla de Falla cohesiva adhesiva punto el examen ente mostró las diferencias en la capa híbrida, principalmente en el espesor de ellas por lo que se concluyó que los nuevos adhesivos todo en 1 producen una capa híbrida más delgada pero sus fuerzas de Unión fueron inconsistentes. (47)

Zhang y colaboradores en 2013 investigaron los efectos de un imprimador de dentina que contengan agentes antibacterianos duales, como el 12 mdp B y Nani no no partículas de plata en la fuerza de adhesión a dentina, respuesta Microsoft mica debió film de la placa dental y citotoxicidad de los fibroblastos. Se realizaron todas las pruebas en organos dentarios humanos, de las cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

Las fuerzas de cizallamiento en dentina se midieron utilizando dientes humanos extraídos. Biofilms de la saliva mixta de 10 donantes fueron cultivados para investigar la actividad metabólica, las unidades formadoras de colonias (UFC) y la producción de ácido láctico.

La citotoxicidad de fibroblastos humanos de los cuatro cebadores se probó in vitro. Resultados: La incorporación de MDPB y NAg en la imprimación no redujo la fuerza de adhesión dentinacomparado con el control ($p > 0.1$). SEM reveló interfaces adhesivo-dentina bien adheridas con numerosos tags de resina. La actividad antimicrobiana de ambas sustancias experimentales, en especial el grupo en que se combinó MDPB + Nag, redujeron la producción de ácido lactico en gran medida así como la zona de inhibición.

El método de uso de agentes duales MDPB + NAg en la imprimación dio potente propiedades antibacterianas. Por lo tanto, este método puede ser prometedor para combatir las bacterias residuales en cavidad dental y bacterias invasoras en los

márgenes. Así mismo pueden tener amplia aplicabilidad a otros adhesivos, compuestos, selladores y cementos para inhibir biofilms y caries.(46)

Capítulo IV. Metodología y análisis

Se realizó una búsqueda electrónica de información científica utilizando la Base de Datos en Salud MedLine a través de PubMed, Base de Datos Multidisciplinares: Springer, Elsevier (Science Direct); Bibliotecas Electrónicas: Scopus, Wiley.

2.2 Criterios de Búsqueda

Se realizó una búsqueda en un rango de tiempo establecido entre 2010-2020, durante el periodo de Septiembre 2020 a Enero 2021 los descriptores para la búsqueda en inglés Medical Subject Headings (MeSH) y los algoritmos “AND” y “OR”, fueron: **(MDPB monomer OR MODPB OR antibacterial monomer) AND (MDP-APM OR methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate) AND (Dentin-Bonding Agents OR Adhesive OR Dental Bonding OR Bonding, Dental OR Dental Bonding, Chemically-Cured OR Chemically-Cured Dental Bonding OR Dental Bonding,) AND (Bond strength OR Bonding interface)**

2.3 Criterios de Selección

1. Inclusión:

Artículos con que se incluya el monómero MDPB en la formulación del sistema adhesivo

Artículos con diseño de estudio *ex vivo*

Artículos con diseño de estudio *in vitro*

Artículos en idioma inglés y español

Artículos con año de publicación 2010-2020

2. Exclusión:

Artículos de revision

Artículos de reporte de casos o serie de casos

Estudios en los cuales el monómero antibacterial no esté incorporado en el sistema adhesivo

Artículos sin relevancia para esta tesina.

Artículos por debajo del estándar de calidad de la publicación.

3. Eliminación:

Artículos repetidos

Artículos no relacionados a adhesión

Artículos no relacionados con adhesión a dentina

Reportes de casos

Se identificaron copias completas de todos los estudios potencialmente relevantes. Los que parecen cumplir los criterios de inclusión, o para los que no hay datos suficientes en el título y el resumen para tomar una decisión clara, se seleccionan para su análisis completo.

Se obtuvieron 32 artículos de los cuales se seleccionaron 8 para su completo análisis.

Capítulo V. Discusión y conclusión

Los imprimadores son el primer componente que se pone en contacto con la estructura dental en primera instancia. En el caso específico de la dentina, esta interacción sigue siendo un reto, debido a su composición en su mayoría orgánica y sensibilidad.

Hoy en día la fuerza de adhesión y la estabilidad de la adhesión al paso del tiempo son los ámbitos en los que se tratan de mejorar los sistemas adhesivos.

La incorporación de agentes antibacterianos a los sistemas adhesivos ó su uso previo al proceso adhesivo es una practica común, dentro de los más comunes en la práctica clínica diaria se encuentra la clorhexidina.

La clorhexidina como inhibidor y antimicrobiano ha sido ampliamente estudiado desde su influencia en la durabilidad del proceso adhesivo y su efecto antimicrobiano.

Chen y colaboradores mencionan que la clorhexidina al 2% puede prevenir la unión de iones metales como zinc o calcio al adhesivo universal. Otros autores reportan su naturaleza cationica con carga positiva la cual tiene afinidad con el fosfato (con carga negativa), reduciendo así la capacidad de unión de este fosfato con el calcio liberado de la descalcificación de hidroxiapatita de la dentina, por lo que podría interferir con el mecanismo de adhesión de los sistemas autograbantes.(48)

En contraste, varios estudios sobre la aplicación de clorhexidina al 2% y sistemas adhesivos autograbantes han mostrado que la disociación de clorhexidina y su característica catiónica con la carga electrónica positiva podría interferir con el mecanismo de adhesión de los sistemas autograbantes, y esto se debe a que la clorhexidina es un elemento con carga electrónica positiva, y esta tiene afinidad con el fosfato, el cual cuenta con carga electrónica negativa liberada del mismo monómero funcional del sistema adhesivo, reduciendo así la capacidad

de unión de este fosfato con el calcio liberado de la descalcificación de hidroxiapatita de la dentina e interfiriendo con la resistencia de adhesión inmediata, que se verá disminuida. (49)

Zhou y colaboradores plantean que la adición de clorhexidina al primer adhesivo autograbante de dos pasos (Clearfil SE Bond) no tiene ningún efecto adverso sobre la fuerza de adhesión inmediata de resina-dentina cuando la concentración de clorhexidina en el imprimador es menor o igual a 1% en peso. (48)

Se ha informado ampliamente que el MDPB antes de la polimerización muestra una fuerte actividad antibacteriana y la concentración mínima de este monomero para estreptococos orales es comparable a la del triclosán. Los resultados de pruebas de dispersión en agar indicaron que el tamaño de la zona de inhibición aumento a medida que se aumentaba la cantidad de MDPB incorporada como esto implica que esa incorporación durante la etapa de imprimación que usualmente consiste de HEMA y agua no obstaculizó la actividad antibacteriana del MDPB libre.

Así mismo se comprobó que es un producto viable, la citotoxicidad del 10-MDPB es lo suficientemente baja para entrar en contacto con células sanas. (50)(34)

Dado que la composición de un imprimador puede influir en la capacidad de adhesión a la dentina, la adición de nuevos componentes puede tener un efecto negativo en la fuerza de adhesión y la resistencia a la tracción. Cuando se comparó la resistencia a la tracción de los adhesivos sin MDPB, fue de aproximadamente 16 Mpa según Chigira et al. en 1994, 1994)

Consistentemente cuando se comparó la resistencia a la tracción de los adhesivos experimentales

Los sistemas auto grabantes de 2 pasos son diseñados para grabar la capa de barrido destinatario y la entidad superficial simultáneamente con la penetración de monómeros resinosos. Estos adhesivos reducen los pasos de aplicación así como

también la sensibilidad de la técnica. La fuerza de adhesión de los sistemas todo en 1 se han reportado ser relativamente bajas es por eso que es importante investigar la ultra morfología de su interfase adhesiva para poder obtener mayor información sobre cómo mejorar los adhesivos todo en 1.(2,37)

Los patrones de fractura consistentemente indicaron la buena adhesión entre el adhesivo y la dentina lo cual es corroborado mediante microscopía electrónica de transmisión, la cual muestra una disminución de los cristales de hidroxiapatita de la dentina hacia el adhesivo, indicando una buena transición.(42) El patrón de falla de los adhesivos con MDPB Las fallas ocurrieron en la interfaz adhesivo-dentina o bien dentro del adhesivo. Lo cual podría ser beneficioso en la posterior restauración del órgano dentario, al no comprometer la estructura dental. Así mismo se especula que la conversión del monomero antibacterial MDPB podría ser baja. (42)

El microgap formado entre la resina adhesiva y la superficie dentinaria ó entre la resina adhesiva y la capa híbrida implica que gran parte de este espacio está rodeado por resina adhesiva, por lo que al momento de la invasión bacteriana, estas están en contacto con el adhesivo curado. Emilson y Bergenholtz examinaron la actividad antibacteriana de siete sistemas adhesivos patentados, se encontró que todas las resinas adhesivas probadas no pudieron demostrar inhibición contra estreptococos, lactobacilos ni actinomyces después de su fotocurado, excepto aquellos que incluían GLUMA en su fórmula.(4)

Conclusión

La interfase adhesiva se sigue considerando como el “elemento débil” en la longevidad de las restauraciones adhesivas. La capa híbrida es una estructura clave en la interface resina-dentina, la cual es muy susceptible a la degradación a través del tiempo debido al proceso hidrolítico.

En la actualidad la adhesión a dentina sigue siendo uno de los escenarios más complicados en la odontología adhesiva, la degradación de la interfase adhesiva es consecuencia de la composición compleja del sustrato dentinario, así como de estabilidad poco fiable de los monómeros hidrofílicos formados después de la polimerización.

El envejecimiento de la interfase adhesivo-dentina resultante al cabo de un periodo de tiempo determinado proporciona información en los patrones de degradación de los diferentes sistemas adhesivos. Se observa un patrón claro en los adhesivos de grabado y enjuague, los cuales pueden degradarse principalmente por descomposición de colágeno dentro de la capa híbrida con signos de hidrólisis de polímero dentro de la capa adhesiva, mientras que los adhesivos auto-adhesivos pueden caracterizarse principalmente por la degradación del acoplamiento de polímero y silano, lo que resulta en el desbaste/liberación del relleno, pero menos ruptura de colágeno.

En general se observó una marcada tendencia a lograr una resistencia de unión estable al paso del tiempo de los adhesivos autograbantes de dos pasos, por lo cual se concluye que la aplicación por separado de la resina adhesiva hidrofóbica libre de solvente se recomienda para aumentar la longevidad de las restauraciones.

La adición del monómero 12-MDPB a los sistemas adhesivos son capaces de inhibir el crecimiento bacteriano de *S. mutans*, *S. sobrinus* y *Lactobacillus* spp. Sin

comprometer sus propiedad adhesivas. La concentración bactericida mínima fue de 15.6 a 125 µg/mL según y Imazato y col.

Según un consecuente estudio de Imazato y col.se concluye que los sistemas adhesivos que contienen MDPB podrían inactivar las bacterias en la cavidad oral de una manera más efectiva que otros desinfectantes cavitarios u otros sistemas adhesivos.

La fuerza de decisión inmediata de los adhesivos contemporáneos es alta sin embargo esta fuerza adhesiva se degrada con el envejecimiento disminuyendo sus valores de 35 a 40% en 6 a 12 meses debido a la degradación de la capa híbrida.

La pérdida de las fibrillas de colágeno dentro de la capa híbrida causa la pérdida de continuidad con la entidad subyacente lo cual disminuye la fuerza de adhesión a dentina. Pashley y colaboradores reportan que la matriz endógena de metaloproteinasas ligadas a la dentina contribuyen a la degradación de las fibras de colágeno dentro de la capa híbrida.

La clorhexidina es uno de los desinfectantes cavitarios más comúnmente utilizados en la actualidad el cual ha demostrado tener actividad anti MMP, sin embargo, esta es hidrosoluble y no contiene grupos funcionales polimerizables en su estructura. En contraste el MDP es polimerizable y podría funcionar como inhibidor durante años. Numerosos estudios indican la mejora de la durabilidad de las restauraciones a largo plazo de los sistemas adhesivos que contienen MDPB comparado con otros sistemas adhesivos convencionales en diseños de estudio in vivo e in vitro.

La incorporación del monómero MDPB en el primer auto gravante de los adhesivos auto graba antes es un buen ejemplo de un adhesivo bioactivo, esta nueva clase de adhesivos pueden hacer más que sólo adherirse a dentina, estos inactivan las bacterias residuales en dentina infectada y pueden actuar como inhibidores a largo plazo de las MMPs endógenas.

Los resultados de las investigaciones se deben interpretar con precaución, son necesarias investigaciones a largo plazo para determinar con certeza la estabilidad adhesiva y su comportamiento al paso del tiempo, ya que su efecto antibacterial es seguro y está ampliamente documentado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Blatz MB, Dent M, Sadan A. Ceramic bonding lit rev.pdf. *J Prosthet Dent*. 2003;89(3):268–74.
2. Perdigão J. New Developments in Dental Adhesion. *Dent Clin North Am*. 2007;51(2):333–57.
3. Journal DM. Improving the durability of resin-dentin bonds with an antibacterial monomer. 2018;
4. Emilson CG, Bergenholtz G. Antibacterial activity of dentinal bonding agents. *Quintessence Int*. 1993;24(7):511–5.
5. Demarco FF, Collares K, Correa MB, Cenci, Maximiliano Sergio Moraes RR de, Opdam NJ. Critical review Dental Materials/Dentistry Should my composite restorations last forever? Why are they failing? *Braz Oral Res* [Internet]. 2017;31:92–9. Available from: <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2017.vol31.0056>
6. Lynch CD, Opdam NJ, Hickel R, Brunton PA, Gurgan S, Kakaboura A, et al. Guidance on posterior resin composites: Academy of Operative Dentistry - European Section. *J Dent* [Internet]. 2014;42(4):377–83. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2014.01.009>
7. Opdam NJM, Van De Sande FH, Bronkhorst E, Cenci MS, Bottenberg P, Pallesen U, et al. Longevity of posterior composite restorations: A systematic review and meta-analysis. *J Dent Res*. 2014;93(10):943–9.
8. Opdam NJM, Van De Sande FH, Bronkhorst E, Cenci MS, Bottenberg P, Pallesen U, et al. Longevity of posterior composite restorations: A systematic review and meta-analysis. *J Dent Res*. 2014;93(10):943–9.
9. Dourado A, Reis A. Sistemas Adhesivos. *Rev Oper Dent y Biomater Dent y Biomater* [Internet]. 2006;1(2):13–28. Available from: <http://www.rodyb.com/wp-content/uploads/2013/02/sistemas-adhesivos2.pdf>
10. Vaidyanathan TK, Vaidyanathan J. Recent advances in the theory and mechanism of adhesive resin bonding to dentin: A critical review. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater*. 2009;88(2):558–78.
11. Arola DD, Gao S, Zhang H, Masri R. *The Tooth: Its Structure and Properties*.

- Dent Clin North Am. 2017;61(4):651–68.
12. Simmer JP, Richardson AS, Hu Y, Smith CE, Hu JC. REVIEW A post-classical theory of enamel biomineralization ... and why we need one. 2012;(August):129–34.
 13. Fincham AG, Simmer JP. The Structural Biology of the Developing Dental Enamel Matrix. 1999;299:270–99.
 14. The dentin substrate structure and properties related to bonding. J Dent. 1997;25(6):441–58.
 15. Pashley DH. Dynamics of the Pulpchdentin Complex. 2015;7(2):104–33.
 16. Kinney JH, Marshall SJ, Marshall GW. T he M echanical P roperties of H uman D entin: a C ritical R eview and R e-evaluation of the D ental L iterature . Crit Rev Oral Biol Med. 2009;14(1):13–29.
 17. Jr GWM, Marshall SJ, Kinney JH. The dentin substrate : structure properties related to bonding. 1997;25(6).
 18. Ritter André, Boushell Lee WR. Sturdevant´s Art and science of operative dentistry. 7th ed. Elsevier; 2019. 530 p.
 19. Driscoll CF, Freilich MA, Guckes AD, Knoernschild KL, Mcgarry TJ, Goldstein G, et al. The Glossary of Prosthodontic Terms: Ninth Edition. J Prosthet Dent. 2017;117(5):e1–105.
 20. Alex G. Universal Adhesives: The Next Evolution in Adhesive Dentistry? 2015;(January).
 21. Sezinando A. Looking for the ideal adhesive - A review. Rev Port Estomatol Med Dent e Cir Maxilofac [Internet]. 2014;55(4):194–206. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rpemd.2014.07.004>
 22. Regezi J a. Regezi Tercera edicibn. New York. 2000. 656 p.
 23. van Meerbeek B, Yoshihara K, van Landuyt K, Yoshida Y, Peumans M. From buonocore’s pioneering acid-etch technique to self-adhering restoratlves. A status perspective of rapidly advancing dentai adheslve technology. J Adhes Dent. 2020;22(1):7–34.
 24. Nakabayashi, N., Kojima, K., Matsuhara E. Promotion of adhesion by infiltration monomers into tooth substrates. J Biomed Mat Res. 1982;16:265–

73.

25. Fusayama T, Nakamura M, Kurosaki N, Iwaku M. Non-Pressure Adhesion of a New Adhesive Restorative Resin. *J Dent Res*. 1979;58(4):1364–70.
26. Söderholm K-JM. Dental adhesives how it all started and later evolved. *J Adhes Dent* [Internet]. 2007;9 Suppl 2:227–30. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18340977>
27. Migliau G. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Ann Stomatol (Roma)*. 2017;8(1):1.
28. Sebold M, André CB, Sahadi BO, Breschi L, Giannini M. Chronological history and current advancements of dental adhesive systems development: a narrative review. *J Adhes Sci Technol* [Internet]. 2020;0(0):1–27. Available from: <https://doi.org/10.1080/01694243.2020.1865611>
29. Jacker-guhr S, Sander J, Luehrs A. How “ Universal ” is Adhesion ? Shear Bond Strength of Multi-mode Adhesives to Enamel and Dentin. 2019;21(1).
30. Borges AB, Giannini M, Rocha PI, Arrais CAG, Rodrigues JR. Effect of dentinal surface preparation on bond strength of self-etching adhesive systems. *Braz Oral Res*. 2006;20(1):52–8.
31. Cuevas-Suárez CE, Luiz De Oliveira Da Rosa W, Rafael I, Lund G, Fernandes Da Silva A, Piva E. Bonding Performance of Universal Adhesives: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis. *J Adhes Dent*. 2019;21(1):7–26.
32. Takamizawa T, Barkmeier WW, Sai K, Tsujimoto A, Imai A, Erickson RL, et al. Influence of different smear layers on bond durability of self-etch adhesives. *Dent Mater* [Internet]. 2018;34(2):246–59. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2017.11.002>
33. Imazato S. Bio-active restorative materials with antibacterial effects: New dimension of innovation in restorative dentistry. *Dent Mater J*. 2009;28(1):11–9.
34. Cocco AR, De Oliveira Da Rosa WL, Da Silva AF, Lund RG, Piva E. A systematic review about antibacterial monomers used in dental adhesive systems: Current status and further prospects. *Dent Mater*.

2015;31(11):1345–62.

35. Imazato S, Kinomoto Y, Tarumi H, Torii M, Russell RRB, McCabe JF. Incorporation of antibacterial monomer MDPB into dentin primer. *J Dent Res.* 1997;76(3):768–72.
36. Imazato S, Imai T, Russell RRB, Torii M, Ebisu S. Antibacterial activity of cured dental resin incorporating the antibacterial monomer MDPB and an adhesion-promoting monomer. *J Biomed Mater Res.* 1998;39(4):511–5.
37. Hirose N, Kitagawa R, Kitagawa H, Maezono H, Mine A, Hayashi M, et al. Development of a Cavity Disinfectant Containing Antibacterial Monomer MDPB. *J Dent Res.* 2016;95(13):1487–93.
38. Aguiar JD, Youssef MN, Medeiros IS. Adhesive systems modified with antimicrobial agents: a literature review. *Clin Lab Res Dent.* 2020;1–17.
39. Fujimura Y, Weerasinghe D, Kawashima M. Development of an antibacterial bioactive dental adhesive: Simplicity and innovation. *Am J Dent.* 2018;31(Special Issue B):13B-16B.
40. Brambilla E, Ionescu A, Fadini L, Mazzoni A, Imazato S, Pashley D, et al. Influence of MDPB-containing primer on streptococcus mutans biofilm formation in simulated class I restorations. *J Adhes Dent.* 2013;15(5):431–8.
41. Koulaouzidou EA, Helvatjoglu-Antoniades M, Palaghias G, Karanika-Kouma A, Antoniades D. Cytotoxicity evaluation of an antibacterial dentin adhesive system on established cell lines. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater.* 2008;84(1):271–6.
42. de Faria NS, Moura LKB, de Macedo LMD, Colucci V, Raucci-Neto W, Messias DC. Effect of a 12-methacryloyloxy-dodecyl-pyridinium-bromide-containing adhesive with different post types on the long-term bond strength to dentin. *Eur J Oral Sci.* 2017;125(5):403–9.
43. Imazato S, Imai T, Russell RRB, Torii M, Ebisu S. Antibacterial activity of cured dental resin incorporating the antibacterial monomer MDPB and an adhesion-promoting monomer. *J Biomed Mater Res.* 1998;39(4):511–5.
44. Thongthai P, Kitagawa H, Kitagawa R, Hirose N, Noree S, Iwasaki Y, et al. Development of novel surface coating composed of MDPB and MPC with

- dual functionality of antibacterial activity and protein repellency. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater.* 2020;108(8):3241–9.
45. Carvalho FG, Carlo HL, Sacramento PA, De Barros S, Santos RL, Puppini-Rontani RM. Biodegradation of caries-affected dentin bonding interface of fluoride and MDPB-containing adhesive system. *Int J Adhes Adhes* [Internet]. 2013;47:134–40. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2013.08.008>
 46. Zhang K, Li F, Imazato S, Cheng L, Liu H, Arola DD, et al. Dual antibacterial agents of nano-silver and 12- methacryloyloxydodecylpyridinium bromide in dental adhesive to inhibit caries. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater.* 2013;101 B(6):929–38.
 47. Sidhu SK, Omata Y, Tanaka T, Koshiro K, Spreafico D, Semeraro S, et al. Bonding characteristics of newly developed all-in-one adhesives. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater.* 2007;80(2):297–303.
 48. Zhou J, Tan J, Yang X, Cheng C, Wang X CL. Effect of chlorhexidine application in a self-etching adhesive on the immediate resin-dentin bond strength. *J Adhes Dent.* 2010;12(1):27–31.
 49. Torres RT, Mogollón GH, Monzon JC, Ramos PB AC. Review Article Adverse Effect of The Application of Chlorhexidine on A Self-Etch Calcium Dependent Adhesive. *EC Dent Sci.* 2018;17(9):485–1489.
 50. Thomé T, Mayer MPA, Imazato S, Geraldo-Martins VR, Marques MM. In vitro analysis of inhibitory effects of the antibacterial monomer MDPB-containing restorations on the progression of secondary root caries. *J Dent.* 2009;37(9):705–11.