



CASO CLÍNICO

MATERIALES BIOACTIVOS EN ODONTOLOGÍA RESTAURADORA. BIOACTIVE MATERIALS IN RESTORATIVE DENTISTRY.

Cedillo, J.¹, Domínguez, A.², Espinosa, R.³

1. Maestro del Posgrado de Prótesis Bucal Fija y Removible. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
2. Egresado de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
3. Profesor de Operación Dental y Biomateriales, Posgrado de Prosthodontia Universidad de Guadalajara

Volumen 10.

Número 3.

Septiembre - Diciembre 2021

Recibido: 20 junio 2021

Aceptado: 18 julio 2021

RESUMEN

Los materiales restaurativos han evolucionado a lo largo del tiempo; aproximadamente desde hace 40 años comenzaron a surgir materiales con capacidad de contribuir a un estado óptimo de la estructura dental y la saliva, tal es el caso de los ionómeros de vidrio, al no ser solo un material inerte, como las resinas, oro y amalgamas.

Actualmente, cada vez se utilizan más los materiales bioactivos, los cuales son sustancias que provocan un efecto benéfico al entrar en contacto con tejidos como la pulpa dental, dentina, hueso y saliva, los cuales funcionan liberando iones de fluoruro, fosfato y calcio.

Específicamente en la restauración de cavidades, no solo se necesitan materiales que reemplazan al tejido perdido, sino también que reparen o regeneren el tejido imitando los mecanismos fisiológicos de remineralización, con el fin de obtener resultados duraderos en la clínica.

Durante la presentación de este artículo, se expondrá el desarrollo y evolución de estos materiales, que se ha comprobado que, por su bioactividad, desprenden compuestos benéficos a la cavidad oral, por lo cual se están posicionando de manera importante en la odontología restauradora actual. Además de los conceptos y mecanismos de desmineralización y remineralización.

Palabras clave: Materiales bioactivos, remineralización, desmineralización, restauración, inerte, dentina.

ABSTRACT

Restorative materials have evolved over time; for approximately 40 years materials began to emerge with the ability to contribute to an optimal state of dental structure and saliva, such as glass ionomers, as it is not only an inert material, such as resins and amalgams.

Currently, bioactive materials are increasingly used, which are substances that cause a beneficial effect when coming into contact with tissues such as dental pulp, dentin, bone and saliva, which work by releasing ions of fluoride, phosphate and calcium. Specifically, in cavity restoration, not only are materials that replace lost tissue needed, but also that repair or regenerate tissue by mimicking the physiological mechanisms of remineralization, to obtain lasting results in the clinic.

During the presentation of this article, the development, and evolution of these materials will be exposed, which has been proven that by their bioactivity, beneficial compounds are released to the oral cavity, so they are positioning themselves importantly in current restorative dentistry. In addition to the concepts and mechanisms of demineralization and remineralization.

Keywords: Bioactive materials, remineralization, demineralization, restoration, inert, dentin.



INTRODUCCIÓN

El concepto de materiales bioactivos no es algo nuevo, desde hace 40 años comenzaron a aparecer materiales con liberación de flúor como los ionómeros de vidrio; dados a conocer por primera vez en el *British Dental Journal*.¹ Los fluoruros tópicos, aplicados profesionalmente vieron la luz alrededor del año 1940; dicha medida intentaba beneficiar a aquellas personas que residían en áreas sin fluoruros en el agua y así incorporar esta medida de protección inespecífica para reducir los índices de caries dental. El primer agente tópico fue el fluoruro de sodio neutro, estudiado por Knutson y Amstron en 1943 y por Bibby en 1944.² La Federación Dental Americana (FDA) aprobó el uso del barniz con flúor para la odontología en 1994 para ser usado solamente como una base cavitaria o como un agente desensibilizante.³

La desmineralización sucede a un pH bajo (+/- 5.5), cuando el medio ambiente oral es bajo en saturación de iones minerales en relación con el contenido mineral del diente. La estructura de los cristales del esmalte (apatita carbonatada) es disuelta por la presencia de ácidos orgánicos (láctico, acético, propiónico, fórmico y butírico), que son bio-productos resultantes de la acción de las bacterias de la placa bacteriana, en presencia de un sustrato, principalmente a base de hidratos de carbono fermentables. Se puede entender entonces a la desmineralización como la pérdida de compuestos de minerales de apatita de la estructura del esmalte y generalmente es vista como el paso inicial en el proceso de caries, sin embargo, el verdadero desarrollo de la lesión de caries es el resultado de la pérdida del balance de los episodios alternados de desmineralización y remineralización.⁴ El proceso de desmineralización de un cristal se detiene cuando, después de salir un gran número de iones o por la adición de estos, se alcanza una alta concentración de iones en el medio alrededor del cristal. En este caso, la solución está sobresaturada de iones y el proceso se dirige hacia la remineralización, es decir, a la deposición de iones sobre los cristales ya formados (remineralización). La remineralización se define como la ganancia neta de material calcificado en la estructura dental, que reemplaza al que previamente se había perdido por desmineralización.^{5, 6, 7}

La saliva es el agente remineralizante natural por excelencia^{8, 9} por su contenido de PO₄-3 (fosfato). Bajo condiciones fisiológicas, logra de manera eficiente mantener el equilibrio entre el sustrato dental y la biopelícula, y en condiciones adversas, cuando por deficiente remoción de la biopelícula o ingesta de azúcares, entre otros, el pH tiende a disminuir, busca revertir el proceso de desmineralización. En este orden de ideas, también se considera la saliva un vehículo clave para fomentar la remineralización del esmalte a través de otros agentes remineralizantes.⁹ Después de un ataque ácido, el fluido salivar amortigua los hidrógenos producidos por las bacterias, a esta capacidad se le denomina buffer (amortiguador).

Cuando el pH es superior a 5.5, de manera natural se presenta la remineralización, porque la saliva está sobresaturada de Calcio, Fosfato y Flúor con respecto al mineral dental.¹⁰

Desde los años ochenta se reconoce que el fluoruro controla el desarrollo de la lesión de caries primordialmente por medio de su efecto tópico en los procesos de remineralización que ocurren en

la interfaz entre la superficie dental y los fluidos orales. Su mecanismo de acción consiste en que disminuye la tasa de desmineralización y promueve la remineralización del esmalte.¹¹ Se ha encontrado que el fluoruro, así sea en muy baja concentración, si está presente durante un proceso de desmineralización de la hidroxiapatita, por su condición de sobresaturación (alta concentración) con respecto al esmalte, favorecerá su flujo hacia los cristales, reemplazando los hidroxilos por fluoruro, y acelerará el proceso de remineralización. El fluoruro se adsorberá en la superficie de los cristales parcialmente desmineralizados y atraerá iones de calcio para formar fluoruro de calcio, que se disuelve liberando el fluoruro. Este último se estabilizará formando en la superficie fluorhidroxiapatita, a expensas de la hidroxiapatita original, creando cristales más estables y, por lo tanto, más resistentes a futuros ataques ácidos.¹⁰

El sello distintivo de la odontología mínimamente invasiva es el tratamiento conservador de los dientes cariados para preservar la mayor estructura posible y su potencial de remineralización.¹² En el caso de la dentina, se basa en la eliminación de la dentina infectada externa mientras la dentina remineralizable interior es conservada.¹³ Las estrategias para lograr una remineralización exitosa en la colocación de un material restaurador bioactivo sobre una cavidad en dentina, es completada cuando el tejido (dentina), recupera su funcionalidad, es decir, sus propiedades mecánicas.¹⁴ Después de la cavitación, es probable que la unión clínica del sustrato sea una combinación de dentina normal en la periferia y dentina afectada por caries en el centro de la lesión. La distribución mineral de la dentina afectada por caries es muy variable y la profundidad de la lesión puede extenderse cientos de micras debajo de la superficie cavitada.¹²

La remineralización de la dentina es más exigente que la remineralización del esmalte debido a la diferencia en su composición. Como el 96% (% en peso) del esmalte está compuesto de apatita mineral, las propiedades mecánicas de este tejido están determinadas principalmente por su contenido mineral. Sin embargo, el contenido mineral en la dentina solo representa un 70% de compuesto inorgánico y el 30% restante lo aportado por colágeno orgánico, proteínas no colágenas y agua.¹⁴

La relación fisiológica de la pulpa y la dentina es notoria cuando la dentina, que además de ser un tejido conjuntivo duro, calcificado, avascular, sensible, metabólicamente activo y con capacidad reparativa, es dependiente de la reacción pulpar y las múltiples reacciones metabólicas que sus células pueden tener en reacciones defensivas.¹⁵ En un proceso patológico carioso incipiente que, sin estar cavitado el esmalte, afecta la dentina superficial e involucra cierto número de túbulos dentinarios, ocasiona una reacción inflamatoria de baja intensidad en la pulpa.¹⁶

El profesor Fusayama^{17, 18, 19} y su grupo de colaboradores, describieron que la caries dentinaria está formada por dos capas: una capa superficial denominada dentina infectada por caries que se desnaturaliza y no puede ser remineralizada fisiológicamente y dentina afectada por caries donde la matriz de colágeno muestra bandas cruzadas cuando se examina mediante microscopía electrónica, es decir, una descalcificación moderada que es fisiológicamente remineralizable.^{20, 21, 22, 23} Para lograr remineralizar la dentina afectada por la lesión de caries, algunos estudios muestran que las zonas más profundas deben contener



minerales remanentes, particularmente mineral intrafibrilar, para permitir la posterior nucleación y el crecimiento durante la remineralización^{24, 25, 26, 27}. Se ha establecido que la remineralización se produce a través de la formación de islas de cristales que tienden a crecer en tamaño y, finalmente unirse, formando un tejido más homogéneamente remineralizado.²⁴

El uso actual de la tecnología en la odontología restauradora se basa en el desarrollo de materiales bioactivos, es decir, materiales que sustituyan tejidos perdidos principalmente por caries dental y que tengan un intercambio molecular entre las dos interfases, la vital y la sustituta, integrándose mutuamente.²⁸

Generaciones de los materiales bioactivos.

Primera generación.

Biopasivos. Estos materiales no se colocaban para interactuar con el mundo biológico, se buscaba solo remplazar el tejido dañado con el material más análogo permisible. Posiblemente provocan una respuesta tóxica mínima al organismo. Tradicionalmente se utilizan materiales inertes como las resinas compuestas, oro y las amalgamas.^{29, 30}

Segunda generación.

Bioreparadores. Buscan reparar los tejidos afectados, es decir, bioactivos y biodegradables. Contienen elementos químicos que le hacen falta al diente como el calcio, fosfato y fluoruro, estos componentes provocan una acción y reacción específica y controlada en un ambiente fisiológico. Los materiales bioactivos reaccionan químicamente con los tejidos y la saliva formando un fuerte enlace entre el material y el huésped. Los materiales biodegradables se plantean para degradarse paulatinamente y ser reemplazados por el tejido acogido. Ejemplos de estos materiales son: TheraCal, Biodentine, Fuji Triage y Riva Protect. Barnices como: Mi Varnish, Embrace Varnish, Clinpro Xt y crema tópica Remin Pro y Mi Paste.²⁹

Tercera generación.

Materiales que al estar en contacto con tejido vivo tienen una réplica positiva, promoviendo respuestas celulares específicas a nivel molecular en el huésped. Tiene como objetivo regenerar y biointegrar en vez de reparar. La modificación molecular de los sistemas de polímeros genera interacciones específicas en las integrinas de la superficie celular y así estimular la proliferación, diferenciación, producción y organización de matriz extracelular. Ejemplo de estos materiales es la molécula MDP (10-metacriloxi-deciliofosfato dihidrogenado) monómero en adhesivos que forman nanocapas de apatita.^{29, 31}

Biomateriales Regeneradores

Al desarrollar materiales que inducen la activación de células y tejidos, es decir, biomateriales regeneradores, la ingeniería de tejidos se vincula a la rama de la bioingeniería que se enfoca en la recuperación de las funciones biológicas. Estos materiales requieren soportes para guiar la proliferación celular, que se categorizan en tres clases: conductiva, inductiva y trasplante de células semejantes.

Conductiva: utiliza biomateriales de una manera pasiva para facilitar el crecimiento o capacidad regenerativa de un tejido existente.

Inductiva: comprende la activación de células en estrecha proximidad con el sitio del defecto a través de señales biológicas específicas.

Trasplante: consiste en el traslado de células cultivadas en el laboratorio.^{32, 33}

Principales propiedades de los materiales bioactivos.

Los materiales bioactivos son sustancias que al contacto con tejido vivo provocan un efecto positivo, interacciona una respuesta biológica específica en la interfase del material que resulta en la formación de una unión entre los tejidos y los materiales al contacto con los fluidos del cuerpo, ocurre un inmediato intercambio de iones que resulta en unión físico-química entre el material bioactivo, tejido blando y hueso.³⁴ La característica principal que debe cumplir un biomaterial es su biocompatibilidad con los tejidos del cuerpo humano, de tal manera que no existan fenómenos de toxicidad o de rechazo.³⁵ Con esta definición, se entiende una gran diferencia de concepto entre biocompatible, que es un material que no tiene ningún efecto negativo sobre el sustrato que toca y bioactivo que es un material que induce a que desarrolle una actividad biológica específica sobre pulpa o dentina.

Los materiales bioactivos necesitan 3 propiedades fundamentales:

1. Material alcalino. Todo material alcalino es bueno y tiene que ser duradero, este ambiente aleja a las bacterias y crea un muy buen medio para la formación de tejido calcificado.
2. Sellado duradero. Interno y/o externo, ejemplos de esto es cuando hay exposición pulpar, perforación de raíz, cerrar un ápice o cavidades profundas.
3. Trabajar a base de agua. Buscan la humedad del sustrato que están tocando o en la misma composición del producto, esta capacidad los hace que sean materiales inteligentes ya que reaccionan a cambios en el ambiente para llevar a cabo cambios benéficos en las propiedades dentro del material mismo o en el complejo material-sustrato dental.

Clasificación de los Materiales Bioactivos.

La clasificación de acuerdo con la funcionalidad de cada material bioactivo se divide de la siguiente manera:

Preventivos. Los impresionantes avances en los conocimientos científicos y la tecnología para la salud bucodental significa que existe la posibilidad de eliminar casi por completo la caries dental; esta afirmación fue hecha por la OMS (Organización Mundial de la Salud) en 1992.³⁶ Por otro lado, se afirma que la salud bucal tiene implicaciones tanto físicas como psicológicas e influye en funciones como la masticación, el gusto, el habla, hasta la socialización y la sensación del bienestar.³⁷ Entonces, este concepto de prevención se define como aquellas estrategias para reducir los factores de riesgo de enfermedades específicas, o bien, reforzar factores personales que disminuyan la susceptibilidad a la enfermedad. La prevención también incluye estrategias orientadas a reducir las consecuencias de la enfermedad, esta,



se divide en primaria la cual se enfoca en evitar la aparición inicial de una enfermedad, y la secundaria, que es el intento de detener o retardar el avance de la enfermedad.³⁸ Este concepto va ligado con la promoción de la salud que se basa en una concepción positiva de la salud, en la cual se asume la estrecha relación entre salud y desarrollo. Sus acciones se orientan hacia la creación de condiciones que garanticen el bienestar general como propósito fundamental del desarrollo.³⁹

Para la prevención de caries dental y desmineralizaciones existen materiales de segunda y tercera generación de acuerdo con el desarrollo de los materiales bioactivos, como barnices, cremas tópicas, resinas compuestas bioactivas y componentes de los nuevos adhesivos universales.

Terapéuticos. El recubrimiento pulpar directo e indirecto, desde el punto de vista biológico y clínico, representa importantes mecanismos para el mantenimiento de la vitalidad pulpar.

El tratamiento del complejo dentino-pulpar en cualquier restauración es muy importante, ya que, si el paciente refiere molestia o dolor constante, pudiera ser muy incómodo para el paciente y esto pudiera afectar el éxito clínico de las restauraciones.⁴⁰

La reacción del complejo dentino-pulpar ante agresiones, provoca alteraciones de sus estructuras ya existentes o crea nuevas. La hipermineralización con la consiguiente obliteración de los túbulos dentinarios y la formación de la dentina terciaria, son ejemplos de cómo reacciona y se defiende.⁴¹

Los materiales que se colocan en una cavidad con caries de dentina profunda y aguda han ido cambiando con el paso del tiempo, hoy en día los más utilizados son: Biodentine, TheraCal, MTA (Trióxido Mineral Agregado), entre otros. Este tipo de materiales se colocan como recubrimientos pulpares directos o indirectos. El recubrimiento pulpar indirecto se coloca en cavidades profundas generalmente sintomáticas correspondientes a una pulpa con lesión potencialmente reversible cuando no hay dolor espontáneo y hay respuesta positiva a estímulos térmicos.

Recubrimiento pulpar directo. La pulpa está expuesta, se recubre con un material protector que estimula la formación de una barrera o puente de dentina reparadora.⁴¹

Cementos. Los agentes de fijación dental (cementos), sirven como enlace entre el diente preparado y de soporte y el material protésico. Un cemento dental ideal para ser utilizado como agente de fijación debe ser biocompatible, inhibir la formación de caries y placa dentobacteriana, tener baja solubilidad, tener el espesor y la viscosidad correctos de la película, tener un largo tiempo de trabajo y un tiempo de fraguado corto, tener una alta resistencia y rigidez comparables a la dentina, no mostrar microfugas, permitir una fácil extracción del exceso de material y tener una alta retención.⁴² Los cementos resinosos duales son agentes de cementación que reúnen las características de los cementos fotopolimerizables y autopolimerizables. Son utilizados en situaciones donde existe la pérdida o la ausencia de luz debido a la distancia de la fuente activadora del agente cementante. Como en los casos clínicos, donde se colocan postes de fibra de vidrio intraradiculares, o en situaciones donde existe la atenuación del pasaje de luz a causa de la interposición de un material restaura-

dor indirecto metálico o de un material restaurador indirecto estético espeso.⁴³ Un poste radicular se define como el segmento de la restauración dentaria que se inserta dentro del conducto, a fin de retener y estabilizar un componente coronario.⁴⁴ La causa más frecuente de fracaso de los postes de fibra de vidrio es el despegamiento debido a una mala técnica de la adhesión en la interfase dentina y el cemento de la resina.⁴⁵ El cemento ideal debe tener un módulo de elasticidad menor que el de los otros componentes del sistema, alrededor de 7 Gpa y ser resiliente y elástico, eso le permitirá actuar como rompe-fuerzas en la zona donde se ejercen las mayores fuerzas, o sea en la interfase poste-dentina. Teóricamente el cemento debería ser capaz de compensar las diferencias de comportamiento entre los materiales que forman el complejo raíz-poste-muñón, en el entendido que esas diferencias son las responsables de las fracturas entre las partes, cuando los dientes restaurados entran en función.⁴⁴ Los cementos basados en resina demuestran fuerzas iniciales mejores que los cementos de ionómero de vidrio.^{46, 47, 48} Bitter en el año 2006, demostró que, en cuanto a la retención de postes radiculares, los cementos resinosos autoadhesivos cumplen significativamente mejor que los convencionales; sean estos de grabado total o de autograbado.⁴⁹ Su composición se basa en una matriz orgánica, Bis GMA (bisfenol A Glicidil metacrilato) o UEDMA (uretano dimetacrilato) y monómeros de bajo peso molecular, como el TEGDMA (trietilenoglicol dimetacrilato), poseen también agrupamientos funcionales hidrofílicos para promover la adhesión a la dentina como el HEMA (hidroxietil metacrilato), el 4-META (4-metacriloxietil trimelitano anhidro) y el MDP (10-metacriloxidecil dihidrógeno fosfato).^{50, 51, 52, 53} El éxito clínico de cualquier cemento de resina adhesiva se puede evaluar principalmente mediante un sellado marginal adecuado del adhesivo tanto con la restauración como con la estructura del diente. El cemento adhesivo ideal debe tener suficiente resistencia, biocompatibilidad, buena humectabilidad y resistencia a la disolución.⁵⁴

Restaurativos. Los materiales restauradores bioactivos son relativamente nuevos en odontología. Son materiales que son compatibles con la humedad, transportan agua y estimulan la formación de apatita en la interfaz material-diente. Además, estos materiales reaccionan a los cambios de pH en la boca liberando y absorbiendo iones de calcio, fosfato y fluoruro, ayudando así a mantener la integridad química de la estructura dental.

El propósito básico de los materiales restauradores es sustituir las propiedades biológicas, funcionales y estéticas de la estructura dental sana.⁵⁵

Los requisitos ideales para un material restaurador son: tener una buena estabilidad del color, tener un bajo coeficiente de expansión térmica, tener una biocompatibilidad similar a la estructura dental natural, un excelente sellado marginal y la capacidad de adherirse químicamente al esmalte y la dentina.^{56, 57}

El factor principal que influye en la longevidad de cualquier restauración dental es la microfiltración. La microfiltración se define como el paso clínicamente indetectable de bacterias, fluidos, moléculas o iones entre una pared de la cavidad y el material restaurador que se le aplica. La microfiltración provoca manchas en los márgenes de la restauración, hipersensibilidad de los dientes restaurados, caries recurrentes en la interfaz diente-restauración y el desarrollo de patología pulpar.^{58, 59} El *Streptococcus Mutans*



es una bacteria asociada principalmente a la caries dental.⁶⁰ El flúor inhibe la producción de ácidos bacterianos y glucanos producidos por *S. Mutans*, factor etiológico de las lesiones cariosas y, por lo tanto, tiene un uso rutinario en la comprobación de la actividad antimicrobiana de los materiales de restauración.⁶¹

Las bacterias acidógenas juegan el papel principal en el desarrollo de la caries dental. Los procedimientos de tratamiento que utilizan diversos métodos de excavación de las lesiones cariosas no siempre eliminan todos los microorganismos del foco cariado. Por lo tanto, la acción antibacteriana es una característica deseada de los materiales utilizados para la odontología restauradora.⁶²

La odontología estética ha tenido muchos avances en la ciencia y tecnología de los materiales en los últimos años. Las razones que han llevado a la disminución gradual de la amalgama son las preocupaciones por la toxicidad del mercurio, el color no estético, la baja resistencia del borde y la falta de adhesión a la estructura dental.⁶³

Los materiales restaurativos han evolucionado exponencialmente a lo largo de los años. Los cementos de ionómero de vidrio (CIV) han exhibido muchas novedades en este camino evolutivo. En 1977, se esperaba que la adición de polvo de aleación de amalgama al ionómero de vidrio aumentara la resistencia y proporcionara radiopacidad. Una variación de este material propuesto se comercializó como Miracle Mix de la marca japonesa GC en 1983. Posteriormente, 3M ESPE, produjo un material en el que las partículas de plata se sinterizaron en el vidrio para formar un cemento cermet (cerámica-metal), pero no se encontró ninguna diferencia significativa entre la resistencia de los ionómeros de vidrio convencionales y la de los reforzados con metal.⁶⁴

Estos materiales, los ionómeros de vidrio, tienen varias propiedades beneficiosas, como la resistencia a la descomposición recurrente, son materiales bioactivos con la capacidad de liberar, recargar o reemplazar iones de fluoruro en el ambiente oral y fáciles de usar como material de relleno en una sola intención, es decir, técnica Bulk. Se han incorporado varias mejoras en la formulación original, lo que conduce a propiedades mejoradas, como facilidad de manejo, resistencia al desgaste y estética.^{65, 66, 67, 68} La resistencia a la compresión y a la flexión de un material juega un papel importante en el proceso masticatorio, determinando su capacidad para exhibir resistencia a las fuerzas oclusales producidas tanto en función como en una parafunción. Cualquier material que se vaya a utilizar en áreas de alta tensión o carga oclusal debe cumplir con valores de resistencia a la flexión de más de 80 MPa.⁶⁹

El uso de materiales con efectos de remineralización es esencial en la caries profunda con un riesgo significativo de exposición a la pulpa porque, durante la extracción del tejido cariado, la dentina afectada y desmineralizada se deja en la región de la pulpa y se sella debajo del material restaurador, favoreciendo la remineralización de la caries sellada.^{70, 71, 72} El complejo proceso de

liberación de flúor de los ionómeros de vidrio depende de varios factores, intrínsecos como la fórmula, ya que según su solubilidad o porosidad del material, afectan la cantidad de liberación de flúor.⁷³ En los materiales de restauración, el contenido y la liberación de flúor debe ser lo máximo posible a largo plazo, especialmente en pacientes con una actividad de caries de moderada a alta y sin anular los efectos en las propiedades físicas y mecánicas, sin causar una degradación innecesaria de la restauración. Aún no se ha determinado la concentración mínima exacta de flúor para la inhibición de la caries.^{74, 75, 76}

REPORTE DE UN CASO CLÍNICO

Paciente masculino de 45 años de edad, presenta dos cavitaciones en el primer molar inferior derecho y el segundo molar inferior derecho, no presentan sintomatología, pero el paciente está preocupado por el aspecto de sus molares. (Figura 1).



Figura 1. Cavitaciones en los molares.

Valoramos la profundidad de sus desmineralizaciones, con un sistema de diagnóstico temprano de lesiones por caries, nos ayuda a discernir si existe desmineralización o no. La fluorescencia revela las caries ocultas. Unos LED especiales de baja intensidad (aprobados por años) y usados de manera similar a la cámara intraoral, proyectan una luz azul violeta de alta energía sobre la superficie del diente. La luz en esta longitud de onda en particular estimula la porfirina, que son unos metabolitos especiales de las bacterias cariogénicas para que aparezcan con tal claridad en rojo, mientras que el esmalte sano aparece en verde fluorescente. (Figura 2 y 3).

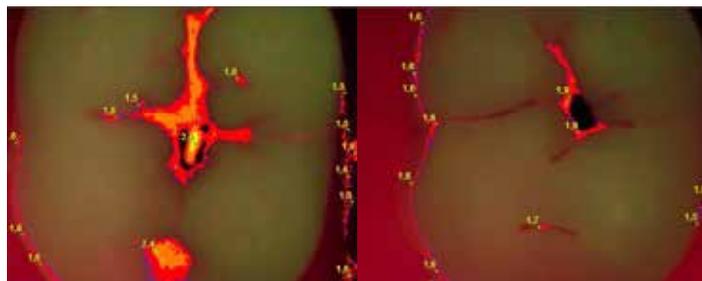


Figura 2. Diagnóstico con spectra del segundo molar.

Figura 3. Diagnóstico con spectra del primer molar



Después de realizar el Diagnóstico, procedemos a eliminar el tejido desmineralizado con hidroabrasión. La técnica de aire abrasivo para la remoción de caries dental es, en la actualidad, una de las técnicas más apropiadas en odontología de mínima intervención. La técnica de aire abrasivo consta de partículas de óxido de aluminio que se lanzan a presión, eliminando específicamente el tejido infectado sin destruir el tejido sano. Por este motivo se le nombra como una técnica de mínima intervención, ya que el objetivo es preservar la mayor cantidad de estructura dental sin el uso de instrumentos rotatorios. Se tiene que resaltar que el principal uso que se le dio al aire abrasivo, fue el del óxido de aluminio con agua, por lo cual se le denominó hidroabrasión. Con esta mezcla se eliminó el exceso de polvo en el área y, por lo tanto, el uso de sistemas de alta succión que en ocasiones resultaban más costosos que los propios sistemas de aire. (Figuras 4 y 5).

psi y un flujo de polvo de 1.8 a 2.5g/min sin causar sensibilidad en el paciente. Otra manera de tener más control sobre el corte es con el pedal. Los cortes en el esmalte son más lentos que en la dentina por lo que quitar la caries en el esmalte tarda de 1 a 2 minutos en una clase I en molares, y 5 segundos en una clase V en premolares. La queja más común de los principiantes en esta técnica es que el instrumento no corta. (Figura 6 y 7).



Figura 4. Equipo de hidroabrasión.



Figura 5. Eliminación del tejido desmineralizado.

El proceso de corte va a depender principalmente de la distancia de la boquilla del aire abrasivo a la superficie a tratar, la adecuada es a una distancia de un 1mm. El proceso de corte también va a variar dependiendo del flujo de polvo que se quiere tener y la presión que se necesita y cambiando el diámetro de la boquilla. El dentista a través de la experiencia va a encontrar el punto de equilibrio entre el proceso de corte y el flujo de polvo que necesita. La mayoría de las preparaciones utilizan un rango de 40 a 60

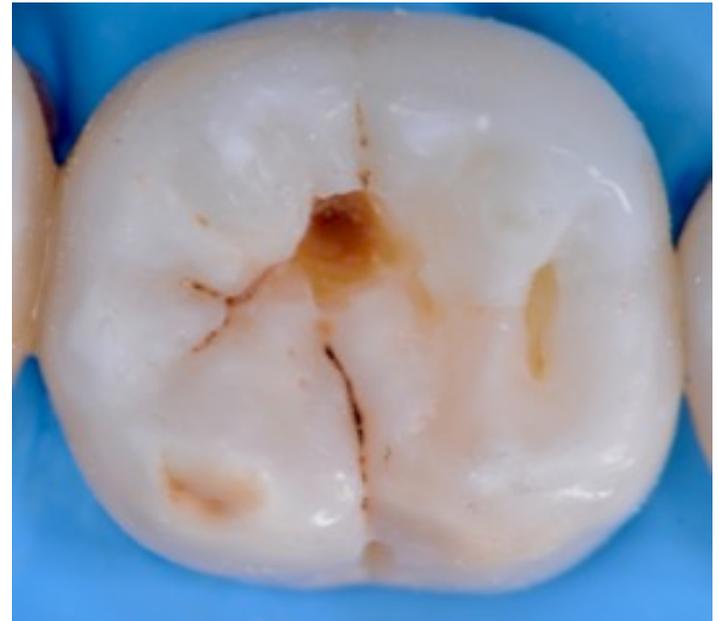


Figura 6. Preparación de cavidad con hidroabrasión.

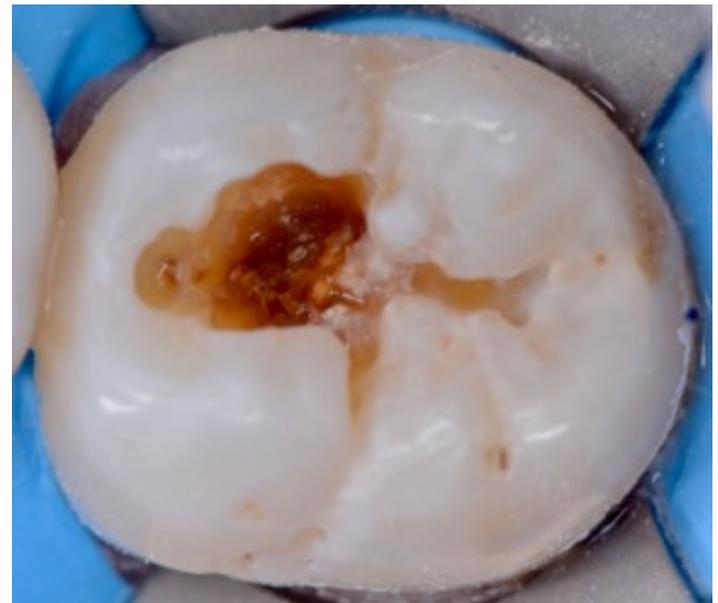


Figura 7. Preparación de cavidad con hidroabrasión.

Después de retirar tejido de esmalte y dentina superficial con la hidroabrasión, al llegar a dentina reblandecida infectada la hidroabrasión pierde su efectividad. Para eliminar de manera segura e identificar la diferencia entre tejido infectado y afectado, lo más indicado es el uso de instrumentación manual como los instrumentos de carisolv®. (Figura 8)

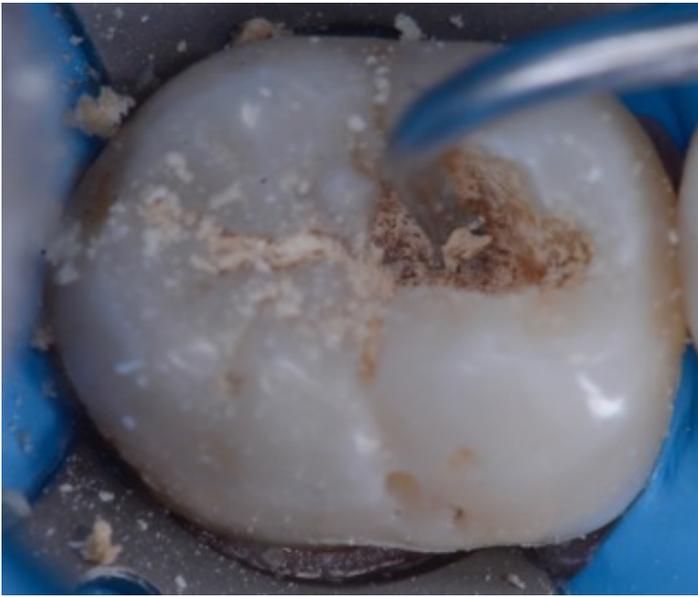
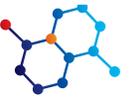


Figura 8. Eliminación del tejido infectado de forma manual.

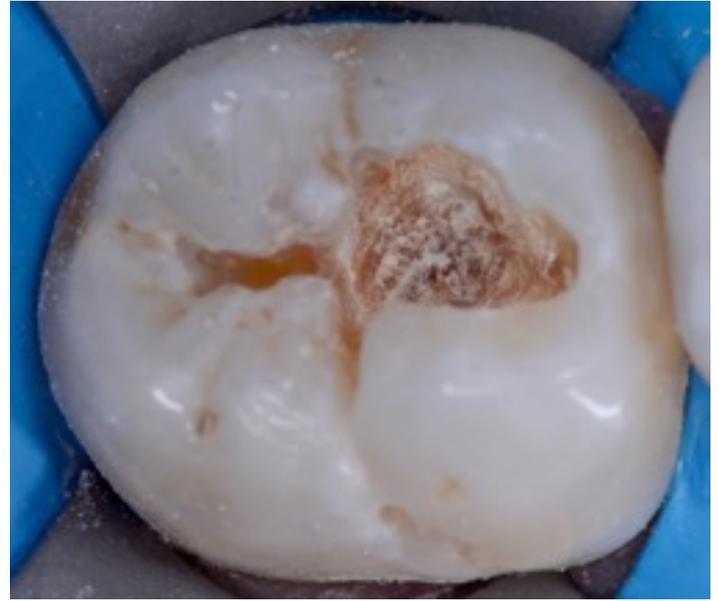


Figura 9. Se eliminó el tejido desmineralizado del segundo molar.

La instrumentación es mejor cuando se combina con el Papacarie duo®, es un gel que rompe el vínculo entre las fibras de colágeno de la dentina cariada, dejando intacta la dentina sana. La papaína es una enzima proteolítica que interactúa con la colágena parcialmente degradada en la dentina desmineralizada. También contiene Cloramina T, la cual tiene una acción antiséptica. Una de sus propiedades del papacarie duo es que al opacarse el gel, significa que está actuando con la dentina desmineralizada. Cuando no hay más gel opacándose el tejido cariado ha sido removido por completo. Una vez que los instrumentos han eliminado el tejido desmineralizado. (Figura 9).

Figura 10. Se eliminó el tejido desmineralizado del primer molar. En este caso particular elegimos la técnica restaurativa de Equia forte HT Equia Forte HT Fil. Sus principales diferencias a sus antecesoras, es que tienen más translucencia (HT), que los ionómeros de vidrio de alta densidad antecesores y ya es opcional colocar previamente el ácido poliacrílico y así como la colocación del barniz. (Figura 11).

El procedimiento de colocación con este nuevo ionómero de vidrio, la técnica es muy simplificada, como mencionamos: no se requiere acondicionar la cavidad, se coloca el material después de mezclar la cápsula y nos esperamos dos minutos y medio, posteriormente checamos la oclusión y realizamos la anatomía con fresas de terminado de 12 y 30 hojas y las restauraciones están terminadas. (Figuras 11 y 12).



Figura 11. Equia Forte HT Fil.



Figura 11. Obturación del segundo molar.

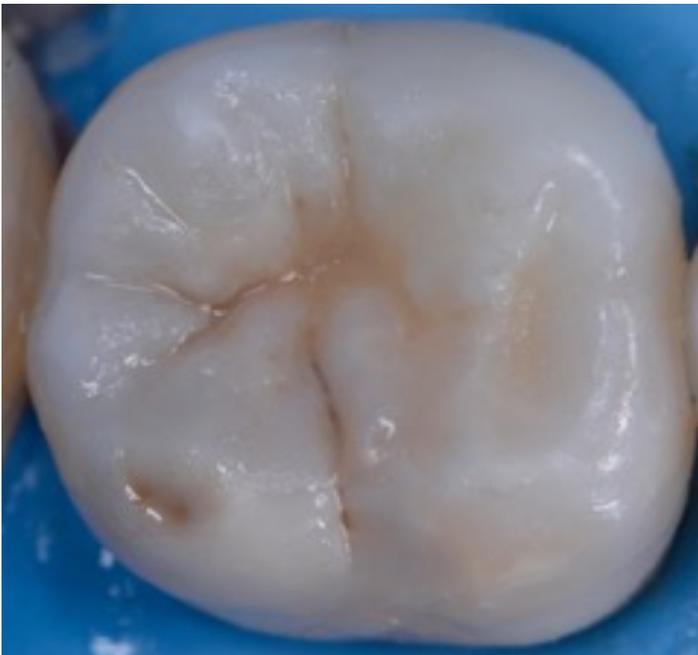


Figura 12. Obturación del primer molar.

DISCUSIÓN

Los materiales de restauración se han desarrollado con la finalidad de respetar al tejido dental sano y no entrar a un ciclo restaurador avanzado. En un inicio se utilizaron materiales inertes, el desarrollo dio paso a poder regenerar los sustratos dentales desmineralizados con los materiales bioactivos.

Con alto porcentaje de éxito, las amalgamas como material de restauración funcionaron por años en la rehabilitación de cavidades por caries dental. El uso de este material va en descenso, principalmente por su invasión a tejido sano al momento de hac-

er cavidades retentivas. Así mismo, con el tratado de Minamata, Japón, el uso de este material será cada vez menor por los residuos de mercurio en su composición.

Anteriormente las resinas funcionaban muy bien, sin embargo, no se ha podido solucionar el problema de la contracción del material en su proceso de polimerización; la contracción del material ha disminuido, pero no al grado de no tener un desajuste temprano que conlleve al desarrollo de caries secundaria. Por otra parte, se ha demostrado que las resinas tienen cierto grado de toxicidad por el desprendimiento de monómeros libres por los túbulos dentinarios, pudiendo llegar a la pulpa dental e irritarla, incluso llegar a provocar necrosis pulpar.

Los ionómeros de vidrio son los primeros materiales bioactivos, y está comprobado que su liberación de flúor ayuda a evitar la desmineralización y promover la remineralización, además de tener una unión química al diente. Actualmente cuenta con buenas propiedades físicas, incluso para restauraciones definitivas. El uso de los materiales bioactivos ha ido en aumento en estos últimos años, y son sumamente importantes en el tratamiento de la caries dental. Cuando el profesional evalúa los riesgos y mide los parámetros se llega a un diagnóstico certero de riesgo de caries en la saliva; dado que la caries dental se produce por un desequilibrio o desbalance en la microbiota oral. La obturación de cavidades con estos materiales es un paso de varios para recuperar el equilibrio de la salud oral.

La adhesión con cementos bioactivos evita la desmineralización de los sustratos dentales, y fomenta la remineralización de los mismos.

Los materiales terapéuticos estimulan al complejo dentino-pulpar, inhibiendo la pulpitis y creando dentina de reparación. El aporte principal de estos materiales a la cavidad oral en la liberación de iones, principalmente fluoruro, calcio, fosfato, entre otros. Evitan la desmineralización en el sustrato dental e incentivan la remineralización.

El manejo de la caries por evaluación de riesgo, CAMBRA (Caries Management By Risk Assessment), es un estándar de atención que implica identificar la causa de la enfermedad de la saliva (caries dental) a través de la evaluación del riesgo de manera individual, posteriormente, estos factores de riesgo se comunican al paciente, se controlan con la participación del mismo y se tratan con una atención mínimamente invasiva.

Actualmente existen diversos materiales, instrumental y equipos para trabajar mejor la prevención de la caries dental y la mínima invasión en los tratamientos acortando el ciclo restaurativo. Hoy en día cada vez se practican menos las extracciones de piezas dentales gracias a los materiales que tenemos en el mercado, eso aumenta la calidad de vida de los pacientes.

Cada paciente lo debemos de ver igual de importante que todos, buscando lo mejor para su diagnóstico, pronóstico y tratamiento. Importante es dar lo mejor de nosotros cada día, aprender y mejorar nuestras habilidades por el bien de nuestros pacientes.



CONCLUSIÓN

En este artículo se investigó la clasificación, desarrollo y uso de los biomateriales preventivos, terapéuticos, cementos y restauradores.

Las características del material inerte como la amalgama han hecho que su uso haya disminuido por su composición alta en mercurio, encontrándose en desventaja frente a materiales bioactivos.

Por otra parte, las resinas tienen un buen desempeño, poseen ventajas físicas y estéticas, y siguen vigentes en la consulta diaria.

En el caso de los ionómeros de vidrio, que es el primer material bioactivo que se creó, tiene mayor ventaja la liberación de iones de flúor a las estructuras dentales y saliva.

Por otro lado, los ionómeros de vidrio modificados con resina comparten las ventajas y características propias de ambos materiales. El uso de este material va en aumento en la odontología. Los materiales preventivos como selladores de fosetas y fisuras, barnices, enjuagues y pastas terapéuticas, sin duda su uso es imprescindible en la consulta diaria, por su aporte a la erradicación y control de la enfermedad de la caries dental, su uso correcto disminuye el riesgo de esta en los pacientes.

Los materiales terapéuticos, son capaces de generar un tejido calcificado entre la pulpa y la dentina aun cuando hay comunicaciones directas menores. El avance en esta tecnología nos permite aumentar el tiempo del ciclo restaurador.

La cementación de prótesis fijas con materiales bioactivos ofrece muchas ventajas para los dientes adyacentes y para los propios pilares de las prótesis.

Los materiales restauradores, que además de ayudar al diente también ayudan a la saliva mediante la liberación de diversos iones, así como a los dientes adyacentes. Son estéticos como los gómeros y tan resistentes como los alcasites.

Durante el desarrollo de este artículo se describen materiales utilizados principalmente para el control de la enfermedad de la caries dental y el tratamiento efectivo de las lesiones causadas por la misma, entre otras indicaciones. Durante los años se ha trabajado en materiales que buscan reemplazar a los tradicionales como las amalgamas debido a sus deficiencias y al avance del estudio de la caries dental. Aunque algunos materiales aún son nuevos y se encuentran aún en investigación, sus resultados preliminares han sido efectivos para el objetivo trazado. Actualmente la minina invasión en la odontología es cada vez más utilizada ya que evitamos el deterioro de los órganos dentarios con técnicas preventivas; en la odontología restaurativa, el tejido dental perdido por caries dental se reemplaza con materiales bioactivos, que son sustancias que aportan a la saliva, al sustrato dental donde están colocados y a su entorno, iones de fluoruro, fosfato, calcio, entre otros; así imitando mecanismos fisiológicos de remineralización.

Este proceso (caries dental) es uno de los principales problemas de salud pública en el mundo, por lo cual es necesaria más investigación y desarrollo de materiales bioactivos, técnicas y métodos que nos ayuden a la terapéutica de esta enfermedad.



REFERENCIAS

1. Cedillo V.J.J. Herrera A.A. Cedillo F.V.M. Equia forte: Innovación del futuro en obturación de cavidades.
2. University of Maryland Medical System. Psoriasis-Treatment». Medical Reference. s.l. : Maryland, USA, 2009.
3. Professional topical fluoride applications – Clinical Efficacy and Mechanism of Action. Øgaard B, Seppä L, Rølla G. 2, 1994, Adv Dent Res, Vol. 8, págs. 190-201.
4. Desmineralización y remineralización El proceso en balance y la caries dental. C., Carrilo S. 1, REVISTA ADM, Vol. 67, págs. 30-32.
5. Remineralization of artificial enamel lesions in vitro: III. A study of the deposition mechanism. Ten Cate JM, Arends J. 6, Noviembre de 1984, Caries Res. , Vol. 14, págs. 351-358.
6. Glossary of key terms. Longbottom CL, Huysmans MC, Pitts NB, Fontana M. 21 de Junio de 2009, Monogr Oral Sci., págs. 209-216.
7. New approaches to enhanced remineralization of tooth enamel. Cochrane NJ, Cai F, Huq NL, Burrow MF, Reynolds EC. Noviembre de 2010, J Dent Res., Vol. 89, págs. 1187-1197.
8. Aetiologie und Pathogenese der Karies. P., Shellis. [ed.] Paris S, Ekstrand KR. Meyer-Lüeckel H. Stuttgart: 2012.
9. Dental caries. Bardow A, Lagerlöf F, Nauntofte B, Tenovou J. [ed.] Kidds E. Fejerskov O. Oxford: 2008, The disease and its management. .
10. Mechanisms of action of fluoride for caries control. Buzalaf M, Pessan, J, Honório H, ten Cate J. 22 de Junio de 2011, Monogr Oral Sci, págs. 97-114.
11. Fluorides in caries control. Ellwood R, Fejerskov O, Cury JA, Clarkson B. [ed.] Kidds E Fejerskov O. Oxford: 2008, The disease and its clinical management.
12. Micro-CT based quantitative evaluation of caries excavation. Neves ADA, Coutinho E, Cardoso MV, Jaecques SV, Van Meerbeek B. 2010, Dent Mater., Vol. 26, págs. 597-588.
13. Development of remineralizing, antibacterial dental materials. Mehdawi I, Abou Neel EA, Valappil SP, Palmer G, Sali H, Pratten J, Spratt DA, Young AM. 2009, Acta Biomater, Vol. 5, págs. 2525-2539.
14. Bioactive glass for dentinreminalization. Fernando D., et al. 2017. A systematicreview, Mater.Sci.Eng.
15. Las metaloproteinasas y el progreso de la lesión cariosa en dentina. Hidalgo R. 1, 2006, Rev Estomatol Herediana, Vol. 16, págs. 64-72.
16. Quantification of neuropeptides (calcitonin gene-related peptide, substance P, neurokinin A, neuropeptide Y and vasoactive intestinal polypeptide) expressed in healthy and inflamed human dental. Caviedes-Bucheli J, Lombana N, Azuero-Holguin MM, Munoz HR. 5, 2006, Pulp. Int Endod J, Vol. 39, págs. 394-400.
17. Relationship between hardness, discoloration and microbial invasion in carious dentin. Fusayama T, Okuse K, Hosoda H. 1966, J Dent Res , Vol. 45, págs. 1033-1046.
18. 136. Differentiation of two layers of carious dentin by staining. S., Fusayama T y Terashima. 1972, Bull Tokyo Med Dent Univ, Vol. 19, pág. 8392.
19. A simple pain-free adhesive restorative system by minimal reduction and total etching. T., Fusayama. Tokyo : s.n., 1993, ishiyaku EuroAmerica.
20. Resin adhesion to carious dentin. Yoshiyama M, Tay FR, Torii Y, Nishitani Y, Doi J, Itou K, Ciucchi B, Pashley DH. 2003, Am J Dent., Vol. 16, págs. 47-52.
21. Collagen biochemistry of the two layers of carious dentin. Kubioki Y, Ohgushi K, Fusayama T. 1977, J Dent Res., Vol. 56, págs. 1233-1237.
22. Adhesión a dentina afectada por caries y dentina esclerótica. L., Ceballos García. 2, 2004, Av. Odontoestomatol, Vol. 20, págs. 71-78.
23. Partial biochemical characterisation of collagen in carious dentin of human primary teeth. Nakornchai S, Atsawasuwan P, Kitamura E, Surarit R, Yamauchi M. 2004, Arch Oral Biol, Vol. 49, págs. 267-273.
24. Mechanical recovery of dentin following remineralization in vitro- an indentation study. Bertassoni LE, Habelitz S, Marshall SJ, Marshall GW. 1, Enero de 2011, J Biomech., Vol. 44, págs. 176-181.
25. Can caries- affected dentin be completely remineralized by guided tissue remineralization? Dai L, Liu Y, Salameh Z, Khan S, Mao J, Pashley DH, Tay FR. 2, January de 2011, Dent Hypotheses., Vol. 2, págs. 78-82.
26. The importance of intrafibrillar mineralization of collagen on the mechanical properties of dentin. Kinney JH, Habelitz S, Marshall SJ, Marshall GW. 12, 2003, J Dent Res., Vol. 82, págs. 957-961.
27. Remineralization of caries lesions extending into dentin. JM., Ten Cate. 5, 2001, J Dent Res, Vol. 80, págs. 1407-1411.
28. "Bioactividad en odontología restauradora". Martínez, Graciela E. y Estelrich, María José. 2, 2016, Revista de la Facultad de Odontología. Vol. 10, págs. 7-12.
29. Programmable biomaterials for dynamic and responsive drug delivery. Stejskalová, A., Kiani, M.T. y Almquist, B.D. 10, 01 de Mayo de 2016, Vol. 241, págs. 1127 – 1137.
30. Third-generation biomedical materials. Hench L.L, Polak J.M. 8 de Febrero de 2002., Science. Vol. 295.
31. Interacciones químicas y efectividad de la adhesión dentinaria de los sistemas adhesivos con monómeros funcionales de alto rendimiento. Sauro S. V., Luzi A. Feitosa. Abril de 2014.
32. Ingeniería de tejido en la regeneración de la dentina y la pulpa. M.V, Camejo Soares. 1, Home-Ediciones, 2010, Vol. 48.
33. Nanomaterials in preventive dentistry. Hannig M, Hannig C. 2010, Nat Nanotechnol , Vol. 5, págs. 565-569.
34. Bioactive and Biomimetic Restorative Materials: A Comprehensive Review. Part I. S.R., Jefferies. 1, 2014, Journal of Esthetic and Restorative Dentistry, Vol. 26, págs. 14-26.
35. Bioceramics: The objects achieved and future prospects. CiNi, L. 3, 1975, Cerámica Informazione. Vol. 102, págs. 159-163.
36. Organización Mundial de la Salud (OMS). Avances recientes en salud bucodental: Informe de un comité de expertos de la OMS. Ginebra: WHO: 1992. 826.
37. Oral health, general health and quality of life. A., Sheinham. 9, 2005, Bull World Health Org, Vol. 83, págs. 644-645.
38. Organización Panamericana de la Salud. Promoción de la salud: una antología. Washington. 1996. 557.
39. Conferencia Internacional de Promoción de la Salud. Promoción de la salud y equidad. Santafé de Bogotá, 1992.
40. Recubrimiento pulpar directo e indirecto: mantenimiento de la vitalidad pulpar. Pereira JC, Esteves T, Costa L, Cestari T, Ribeiro M, Pagani M. 1, 2011, Acta Odontológica Venezolana., Vol. 49, pág. 15.
41. Tratamientos conservadores da vitalidade pulpar: Principios biológicos e clínicos. Pereira JC, Sene F, Hannas AR, Costa LC. 3, 2004, Biodonto, Vol. 2, págs. 8-70.
42. Dental luting agents: a review of the current literature. S. F. Rosenstiel, M. F. Land, and B. J. Crispin. 3, 1998, The Journal of Prosthetic Dentistry, Vol. 80, págs. 280–301.
43. Cemento resinoso: ¿Todo cemento dual debe ser foto activado?



- S., Gabriela L., G, Roberta G. C. y B., Rodivan. 4, Caracas : s.n., Diciembre de 2009, Acta odontol. venez. Vol. 47.
- 44.** Restaurações de dentes tratados endodonticamente. *Odontologia integrada*. Mondelli J, Mondelli RL. [ed.] Pedro Primeiro. Rio de Janeiro. 2001, *Odontologia integrada.*, págs. 165-121.
- 45.** Nuevas tendencias para la cementación de postes. Cedillo, J. y Espinoza, R. 4, 2011, *Revista ADM*, Vol. 68, págs. 196-206.
- 46.** Effect of hygroscopic expansion on the pushout resistance of glass ionomer-based cements used for the luting of glass fiber posts. Cury A, Goriacci C, de Lima Navarro M, Carvalho R, Sadek F, Tay F, Ferrari M. 6, 2006, *Operative Dent*, Vol. 32, págs. 537-540.
- 47.** Microleakage of endodontically treated teeth restored with posts. Bachicha WS, Di Fiore PM, Miller DA, Lautenschlager EP, Pashley DH. 1998, *J Endod*, Vol. 24, págs. 703-708.
- 48.** Visco-elastic parameters of dental restorative materials during setting. Dauvillier BS, Feilzer A, de Gee AJ, Davidson CL. 2007, *J Dent Res*, Vol. 79, págs. 818-823.
- 49.** Effects of luting agent and thermocycling on bond strengths to root canal dentine. Bitter K, Meyer-Lueckel H, Priehn K, Kanjuparambil Jp, Neuman K, Kielbassa AM. 2006, *Int Endod J*, Vol. 10, págs. 809-818.
- 50.** The influence of chemical activation on hardness of dual-curing resin cements. Fonseca RG., Cruz CAS., Adabo GL. 3, Brazil : s.n., 2004, *Oral Res*, Vol. 18, págs. 228-232.
- 51.** Reabilitação Oral Contemporânea. Garbin CA., Mezzomo E., da Silva SBA. *Cimentos e Cimentações*. In: Mezzomo, E., Suzuki, R.M., e cols. [ed.] Santos. São Paulo: 2006.
- 52.** Cimentos Resinosos: uma revisão da literatura. Maia LG., Vieira LCC. 7, 2003, *JBD*, Vol. 2, págs. 258-262.
- 53.** Cimentos resinosos dual: características e considerações clínicas. Prakki A., Carvalho RM. 1, São José dos Campos: 2001, *Rev. Fac. Odontol*, Vol. 4, págs. 21-26.
- 54.** Calcium & fluoride recharge of resin cements. Gleave CM, Chen L, Suh BI. 2016, *Dent Mater*.
- 55.** An evaluation of compressive strength of newer nanocomposite: An in vitro study. Hegde MN, Hegde P, Bhandary S, Deepika K. 2011, *J Conserv Dent*, Vol. 11, págs. 36-39.
- 56.** Comparative Evaluation of Microleakage of Zirconomer, Amalgomer CR, and Conventional Glass Ionomer (Type II) as Restorative Cements in Primary Teeth: An in vitro Study. Sommyta Kathal, Deepak P Bhayya, Shilpi Gupta, Ashish Rao, Amrita Pal, Sonia T Saxena. 3, julio-septiembre de 2017, *International Journal of Oral Care and Research*, Vol. 5.
- 57.** Comparative evaluation of microleakage of conventional and modifications of glass ionomer cement in primary teeth: an in vitro study. Shruthi AS, Nagaveni NB, Poornima P, Selvamani, M, Mad-Dhushankari GS, Subba Reddy VV. 4, Oct-Dec de 2015, *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2, Vol. 33, págs. 279-284.
- 58.** A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et al. 2, 2005, *J Dent Res.*, Vol. 84, págs. 118-132.
- 59.** The effect of thermocycling on the determination of microleakage in permite amalgam restorations. Rajbaran S, Dannheimer M, De Wet F. 2009, *SADJ*, Vol. 64, págs. 394-396.
- 60.** Antibacterial activity of glass-ionomer cements, compomers and resin composites: Relationship between acidity and material setting phase. Vermeersch G, Leloup G, Delmee M, Vreven J. 5, 2005, *J Oral Rehabil*, Vol. 32, págs. 368-374.
- 61.** Antibacterial effects of hybrid tooth colored restorative materials against *Streptococcus mutans*: an invitro analysis. Hotwani K, Thosar N, Baliga S, Bundale S, Sharma K. 4, 2013, *J Conserv Dent*, Vol. 16, págs. 319-322.
- 62.** Fluoride release and antibacterial activity of selected dental materials. Marczuk-Kolada G, Jakoniuk P, Mystkowska J, Luczaj Cepowicz E, Waszkiel D, Dabrowski JR, et al. 2006, *Postepy Hig Med Dosw*, Vol. 60, págs. 416-420.
- 63.** Cores for teeth with vital pulps. Wassell R. W., Smart E. R. 2002, *Br Dent J*, Vol. 192, págs. 499-509.
- 64.** An In-Vitro Study of the Physico-Mechanical Properties Of a New Esthetic Restorative versus Dental Amalgam. Neveen M Ayad, Salwa A Elnogoly, Osama M Badie. 3, Curitiba: 2008, *Rev. Clín. Pesq. Odontol.*, Vol. 4, págs. 137-144.
- 65.** Effects of nanocrystalline calcium deficient hydroxyapatite incorporation in glass ionomer cements. Goenka S., et al. 2012, *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, Vol. 69, págs. 76-77.
- 66.** "Effects of incorporation of HA/ZrO(2) into glass ionomer cement (GIC)". Gu YW., et al. 7, 2005, *Biomaterials*, Vol. 26, págs. 713-720.
- 67.** "A review of glass ionomer restorations in the primary dentition". AC., Cho SY and Cheng. 9, 1999, *Journal of the Canadian Dental Association*, Vol. 65, págs. 491-495.
- 68.** "Compressive strength of glass ionomer cements using different specimen dimensions". Mallmann A., et al. 3, 2007, *Brazilian Oral Research*, Vol. 21, págs. 204-208.
- 69.** Alkasite Restorative Material: Flexural and Compressive Strength Evaluation. *Research Journal of Pharmaceutical*. Vandana S, Chitharanjan S, Mithra N.H, Gowrish S.B. 5, Sept-Oct de 2018, *Biological and Chemical Sciences.*, Vol. 9. 2179.
- 70.** Remineralization effects of conventional and experimental ion-releasing materials in chemically or bacterially induced dentin caries lesions. Schwendicke, F., y otros. 2019, *Dent. Mater*, Vol. 35, págs. 772-779.
- 71.** Effects of Ions-Releasing Restorative Materials on the Dentine Bonding Longevity of Modern Universal Adhesives after load cycle and prolengef artificial saliva aging. Sauro, S., y otros. 2019, Vol. 12, pág. 722.
- 72.** Cellular differentiation, bioactive and mechanical properties of experimental light-curing pulp protection materials. Sauro, S., y otros. 2018, *Dent. Mater.*, Vol. 34, págs. 868-878.
- 73.** Comparison of the amount of fluoride release from nanofilled resin modified glass ionomer, conventional and resin modified glass ionomer cements. Upadhyay S, Rao A, Shenoy R. 2, Theran: 2013, *J Dent*, Vol. 10, págs. 134-140.
- 74.** Fluoride release and uptake by glass-ionomers and related materials and its clinical effect. Forsten L. 6, 1998, *Biomaterials.*, Vol. 19, págs. 503-508.
- 75.** 291. Comparison of Fluoride Release and Uptake Capacities of Different Esthetic Restorative Materials: An In Vitro Study. Gururaj M, Dr. Nayak Moksha. 1, 2011, *A Journal of Dentistry.*, Vol. 2, págs. 1-9.
- 76.** Glass Ionomer Cements at It's best – A review on ceramic reinforced GIC. R., Abhishek B. Sneha V. Anil K.T. Afnan. 4, 2017, *International Journal of Applied Dental Sciences*, Vol. 3, págs. 405-408.