

Caracas, 20 de febrero de 2013

Elaborado por:
Prof. María de los Ángeles Gil.
Prof. Geovana González
Preparador: Diana Loor.

PROTECTORES DENTINO PULPARES Y SU APLICACIÓN CLÍNICA

OBJETIVO GENERAL

Al finalizar este tema el estudiante deberá estar en la capacidad de aplicar los conocimientos teóricos, al realizar las diferentes maniobras y tratamientos sobre la superficie del Órgano Dentino-Pulpar durante la preparación y restauración cavitaria que tiendan a proteger constantemente su vitalidad.

INTRODUCCIÓN

Después de la caries dental, la causa más frecuente de daño pulpar es la iatrogenia producida por el odontólogo debido al uso inadecuado de los materiales y la aplicación incorrecta de técnicas de tratamiento. La dentina y la pulpa constituyen una misma entidad, el Órgano Dentino Pulpar y toda acción llevada a cabo sobre la dentina tendrá su correlativa acción pulpar.

La protección dentino-pulpar involucra todas las maniobras, sustancias y materiales que se utilizan durante la preparación y restauración cavitaria, y que tienden a proteger constantemente la vitalidad del Órgano Dentino Pulpar. Ésta se hace durante todos los tiempos operatorios, desde la realización del diagnóstico clínico hasta el pulido de la restauración, en todas las maniobras realizadas por el operador; se debe procurar reducir o eliminar las causas de daño pulpar.¹

CAUSAS DE DAÑO AL ÓRGANO DENTINO PULPAR

Las causas de la agresión al Órgano Dentino-Pulpar, según Lanata (1991), pueden ser no infecciosas (por traumatismos o abrasión u otras causas) e infecciosas (caries).

Causas No Infecciosas

- A. Irritantes Físicos.
- B. Irritantes Químicos.

Causas Infecciosas

- C. Irritantes Bacterianos.

A. IRRITANTES FÍSICOS

1. *Calor friccional:*

Se genera durante la preparación cavitaria o el pulido. Si se producen altas temperaturas durante largos períodos de tiempo los vasos y las células resultan afectadas y parte de la pulpa puede volverse necrótica. Cuanto mayor sea la velocidad de corte mayor será el calor generado. Cuando la velocidad de corte supera las 4000 rpm debe usarse refrigeración con mínimo 2 chorros de agua continuos, uno dirigido al sitio de corte y otro dirigido hacia la fresa. La instrumentación cavitaria debe realizarse con leve presión y toques intermitentes. El buen estado de los instrumentos de corte debe tenerse en cuenta para no ejercer mayor presión y generar más calor.¹

- Baja velocidad: 10.000 rpm.
- Alta velocidad: 40. 000 a 100.000 rpm.

2. *Desecamiento de la dentina:*

El calor friccional producido durante la instrumentación y la aplicación excesivamente prolongada de aire sobre la dentina o de fármacos deshidratantes (alcohol, cloroformo, éter, ácidos hipertónicos y agentes adhesivos) remueven el contenido de los túbulos dentinarios y pueden provocar el fenómeno denominado aspiración de los odontoblastos.¹

3. *Profundidad excesiva de la preparación:*

Cuando el espesor de la dentina remanente entre el piso de la preparación y el techo de la cámara es de 2mm o más, es difícil que el calor provocado por el tallado, la aplicación de sustancias químicas, el secado o la colocación de cualquier material restaurador produzcan daño.¹

A medida que disminuye el espesor de dentina remanente aumenta la intensidad de respuestas pulpares. La profundidad excesiva también produce debilitamiento del piso pulpar y su flexión ante las cargas oclusales provoca dolor. La preservación de un buen espesor de dentina en el piso de la preparación es más importante para la salud de la pulpa que cualquier acción posterior destinada a protegerla.¹

La preservación de un buen espesor de tejido dentinario es más importante para la salud de la pulpa que cualquier acción posterior destinada a protegerla.¹

4. *Presión de condensado:*

En cavidades profundas las fuerzas producidas por el condensado de la amalgama pueden producir inflamación pulpar. Las respuestas pulpares solo aparecen cuando la condensación ocurre sobre los túbulos dentinarios recién cortados, no en aquellos casos donde existe dentina de reparación inducida por procesos de caries o restauraciones previas. Se refiere como presión de condensado óptima: 8 onzas.¹

5. Contracción de polimerización:

La contracción de polimerización tiende a producir separación de la restauración de las paredes dentarias, lo que origina una brecha a través de la cual se produce filtración marginal. Estos efectos pueden disminuirse con el diseño cavitario adecuado, mediante la técnica incremental y la ubicación conveniente del extremo de la unidad de fotocurado. Otro modo consiste en rellenar la preparación con una base cavitaria (Vidrio Ionomérico) para disminuir el volumen de la restauración de resina compuesta.¹

6. Trauma oclusal o contactos prematuros:

Las fuerzas oclusales excesivas ocasionales o repetidas pueden causar alteraciones pulpares como: calcificaciones, pulpitis y necrosis. Cuando una restauración queda por encima del plano oclusal, el trauma repetido da como resultado sensibilidad post operatoria. Esto ocurre con mayor frecuencia en las restauraciones de resina compuesta por la dificultad de eliminar los excesos debido al color similar del diente y porque al no tener un módulo elástico elevado (rigidez) la resina compuesta se flexiona durante la masticación y provoca (a través del movimiento del fluido dentinario) una presión indirecta sobre la pulpa, especialmente cuando la restauración no está bien adherida.¹

7. Anclajes dentinarios:

Es riesgoso por la posibilidad de exponer inadvertidamente la pulpa como por las micro fracturas dentinarias provocadas durante la inserción peripulpar de los sistemas de retención adicional. Con las técnicas adhesivas actuales estos sistemas de anclaje han caído en desuso.¹

B. IRRITANTES QUÍMICOS

Por la aplicación incorrecta, prolongada o manipulación deficiente.

1. Antisépticos y limpiadores cavitarios:

Antes de realizar la restauración es recomendable el uso de soluciones antisépticas para actuar sobre microorganismos residuales. Estas soluciones deben utilizarse en concentraciones correctas y durante el tiempo indicado para evitar efectos pulpares adversos.¹

El lavado con agua a presión permite desalojar la mayor parte de los restos barro dentinario pero para eliminar los más adheridos se necesitan sustancias químicas como:

- Ácido cítrico al 50%
 - EDTA
 - Hipoclorito de sodio 5%
- } Se aplican durante 15 o 20 segundos

Estas sustancias al aplicarse sobre dentina aumentan el diámetro de los túbulos por la desmineralización que provocan.¹

2. Ácidos, primers y adhesivos:

El barro dentinario producido durante el tallado cavitario actúa como una protección natural sobre la superficie ocluyendo los túbulos. En la técnica de grabado total se utilizan sustancias acondicionadoras ácidas que eliminan totalmente el barro dentinario, abren los túbulos y desmineralizan la dentina intertubular. Esto vuelve más permeable a la dentina y facilita la difusión de agentes irritantes hacia la pulpa.^{1,3,4}

La dentina puede ser grabada si se efectúa el sellado inmediato con sistema adhesivo, el cual cierra los túbulos dentinarios abiertos formando tapones de resina y penetra en la zona intertubular completando el sellado mediante la hibridación de la dentina. De todos modos la capa híbrida no debe ser considerada como una barrera completamente impermeable.¹

Pashley (1985), enumera una serie de factores que se deben considerar al momento de la técnica de grabado dentinario; el tipo de ácido, concentración y tiempo de aplicación deben ser los indicados por el fabricante. El ácido debe colocarse de manera pasiva, sin frotar. Idealmente la profundidad del grabado no debe exceder los 5µm, hay que evitar la destrucción de colágeno. Los componentes del sistema adhesivo deben ser hidrófilos para poder penetrar y mojar uniformemente la superficie grabada. Tienen que sellar la dentina y no dislocarse por las fuerzas de contracción de polimerización. Además, su capacidad para infiltrar la dentina debe coincidir con el espesor de tejido descalcificado por el acondicionamiento ácido.^{1,18}

La capa híbrida no debe ser considerada como una barrera absolutamente impermeable. Muchos trabajos de investigación revelan que no es totalmente homogénea sino que posee zonas porosas a través de las cuales se produce cierto grado de filtración; de igual manera se ha descrito que esta capa se degrada a lo largo del tiempo.¹

Es necesario el aislamiento absoluto con dique de goma y el perfecto conocimiento de las características de los materiales a utilizar. Estos tienen que ser de fabricación reciente y deberán aplicarse siguiendo minuciosamente sus instrucciones. Es imprescindible conseguir el mejor sellado de la restauración final para evitar complicaciones post operatorias.

Factores que influyen sobre la respuesta pulpar al realizar el grabado ácido de la dentina:

1. Relativos al diente:

- a. Diagnóstico pulpar previo
- b. Permeabilidad dentinaria:
 - edad del paciente.
 - profundidad de la preparación.
 - dentina terciaria.

2. Relativos al material y a la técnica:

- a. Profundidad de grabado:
 - tipo de ácido.
 - forma de aplicación.
 - tiempo de aplicación.
- b. Capacidad de penetración del sistema adhesivo.
- c. Aislamiento absoluto del campo operatorio.
- d. Sellado de la restauración.

Materiales de protección y restauración:

Los materiales que utilizamos hoy en día si son bien manipulados y aplicados dentro de las condiciones clínicas para las cuales fueron recomendados por los fabricantes son bien tolerados por la pulpa.

La irritación química es secundaria a la filtración bacteriana. Se debe prestar especial atención al estado de conservación de los materiales, fecha de vencimiento, respetar las proporciones indicadas, realizar la preparación e inserción de manera correcta y asegurarse que su polimerización sea completa, de lo contrario su biocompatibilidad podría verse alterada.²

Propiedades de los materiales que podrían inducir lesiones en el Órgano Dentino Pulpar:

- Acidez.
- Absorción de agua durante el endurecimiento.
- Exotermia durante el endurecimiento.
- Falta de adaptación marginal que da como resultado contaminación bacteriana por filtración marginal.

Brannström y Col, demostraron que la irritación química es secundaria a la invasión bacteriana.¹

Durante décadas se consideró que todos los materiales de restauración en mayor o menor grado producían lesiones del complejo dentino-pulpar. No obstante los estudios de Fusayama (1988) y Stanley (1990), han demostrado que los materiales de restauración aún en contacto directo con una pulpa sana, no producen respuestas pulpares importantes, pudiendo observar dentina reparadora.

C. IRRITANTES BACTERIANOS

1. Por restos de tejido cariado:

Al llegar la caries a dentina se extiende rápidamente por el límite amelodentinario. Los restos de dentina infectada por su contenido de microorganismos constituyen un irritante pulpar. Hoy en día al verificar la eliminación total es considerado detectar la capa de dentina infectada y mantener la capa de dentina afectada, la cual los estudios reportan como una dentina desorganizada pero con un menor número de microorganismos presentes, la cual a través de un buen sellado marginal tendrá la capacidad de remineralización.^{2,3}

2. Por no eliminar la capa de desecho (barro dentinario o SmearLayer):

La capa de desecho debe ser considerada como una herida infectada. El lavado con agua a presión no arrastra completamente la que está contaminada por microorganismos, los cuales segregan toxinas que deben ser eliminadas del interior de la preparación antes de su restauración.

Barrancos (2006), sugiere el uso de una solución detergente microbicida para eliminar las bacterias que puedan haber quedado después del procedimiento operatorio. También pueden utilizarse soluciones hidroalcohólicas de colutorios bucales que contienen un agente tensio activo que disminuye la tensión superficial de los tejidos y favorece su penetración y un antiséptico (Solución

de Clorhexidina al 2 %) que inhibe el crecimiento bacteriano. El uso de estas sustancias no interfiere con la adhesión.^{1,2,4}

Cuando se realiza la técnica de grabado total el propio ácido elimina toda la capa de desecho o barro dentinario, también ejerce cierta acción antimicrobiana.

3. Por filtración marginal:

Es la causa más frecuente de sensibilidad post operatoria, caries recurrente y fracaso de la restauración. Los materiales utilizados para restauración muchas veces no logran cerrar herméticamente la cavidad que obturan debido a muchos factores, por ejemplo: contracción de polimerización, cambios dimensionales, solubilidad, falta de adhesión, entre otros.

El espacio que queda entre la pared cavitaria y la restauración constituye una vía de entrada de bacterias y elementos tóxicos que provocan irritación pulpar.

4. Desinfección y esterilización de instrumentos:

Se debe mantener los principios de asepsia del campo operatorio, por lo que es de suma importancia la desinfección y esterilización adecuada del instrumental.

OBJETIVO DE LA PROTECCIÓN DENTINO PULPAR

Preservar la integridad pulpar durante y después de los procedimientos restauradores.

CLASIFICACIÓN DE LOS PROTECTORES DENTINO PULPARES

INDIRECTOS:

Son todas las maniobras que realiza el odontólogo durante la preparación cavitaria para proteger la vitalidad del Órgano Dentino Pulpar. Tales como:

- Sistema de refrigeración.
- Instrumental usado en forma cuidadosa y en buen estado.
- Maniobras realizadas adecuadamente durante la preparación cavitaria (fresado o desgaste con instrumental rotatorio de manera intermitente, no ejercer presión durante el corte de los tejidos dentarios).
- No abusar del secado dentinario.

DIRECTOS:

Son todos los materiales y sustancias que se aplican para preservar la vitalidad del Órgano Dentino Pulpar y se colocan entre el diente y la restauración.

Los protectores dentino pulpares **directos** se clasifican en:

1. Selladores Dentinarios:

- 1.1. Barnices.
- 1.2. Sistemas adhesivos.

2. Forros Cavitarios:

- 2.1. Hidróxido de calcio.
- 2.2. Vidrio ionomérico.

3. Bases Cavitarias:

- 3.1. Fosfato de zinc.
- 3.2. Policarboxilato.
- 3.3. Óxido de zinc-eugenol mejorado.
- 3.4. Cemento de vidrio Ionomérico.

1. SELLADORES DENTINARIOS

Son recubrimientos de pocos micrones de espesor que se utilizan para evitar el paso de sustancias químicas, bacterias y toxinas a los túbulos dentinarios. También previenen la hipersensibilidad dentinaria al sellar el extremo de los túbulos.

Estos agentes son líquidos que producen una película protectora extremadamente fina (1–50 μm) y revisten la estructura dentaria recién preparada o desgastada durante la preparación cavitaria. El sellado de la embocadura de los túbulos dentinarios y los micro-espacios que se forman entre el material restaurador y las paredes de la cavidad son los principales objetivos de este tipo de materiales, tornando las restauraciones menos permeables a la infiltración de fluidos y bacterias.⁴

Funciones:

- Aislamiento químico y eléctrico.
- Sellado de la superficie dentinaria.
- Barrera antibacteriana y anti toxinas.
- Reducción de la sensibilidad dentinaria.
- Reducen el galvanismo bucal.
- Reducen la filtración marginal.
- Inhiben la penetración de iones metálicos.

1.1. Barnices:

Son soluciones de una resina natural o sintética disuelta en un solvente (acetona, cloroformo o éter). El barniz más utilizado es el de resina natural de copal disuelto en acetona. Se deba aplicar de 2 a 3 capas de barniz para obtener una película homogénea ya que una sola capa no forma una capa uniforme. Debe utilizarse de consistencia muy fluida, si se tornara espeso quiere decir que parte del solvente se ha evaporado.⁴

La función principal del barniz es reducir la filtración marginal en restauraciones de amalgama. Está contraindicado bajo restauraciones de resina compuesta y vidrio ionomérico modificado con resina, debido a la inhibición de polimerización por el barniz.^{6,7}

Manipulación clínica del barniz:

Es aplicado con un pincel específico para esta finalidad o con un microbrush. Se debe aplicar por lo menos dos capas en todas las paredes de la cavidad. No debe ser utilizado algodón, por la posibilidad de hilos de algodón dentro de la película del barniz.

La aplicación debe ser realizada en un solo sentido, ya que al realizarla en varias direcciones ocasiona la formación de una película irregular. Se debe aplicar una capa, seguida de un chorro de aire (30seg), que tienen como finalidad acelerar el proceso de evaporación del solvente, este procedimiento debe ser repetido por lo menos dos veces, de manera de garantizar una capa más uniforme, sin fallas, y con un mejor efecto impermeabilizante sobre la dentina.¹⁸

La utilización de una capa sella únicamente el 55% de la superficie, mientras que la doble capa sella alrededor del 70 al 80 % de los túbulos dentinarios.^{19; 20}

El uso clínico de los barnices ha estado disminuyendo y están siendo reemplazados por sistemas adhesivos. Existen barnices con resinas artificiales (poliamida, polietireno) que pueden utilizarse debajo de restauraciones de resina compuesta ya que según algunos investigadores ablandan la porción del material con la que entran en contacto. De todos modos para restauraciones de resina compuesta se debe utilizar sistema adhesivo.

1.2. Sistemas adhesivos:

En la mayoría de los sistemas adhesivos se aplica un agente ácido sobre el esmalte y dentina simultáneamente (grabado total). En el esmalte el ácido produce microporosidades y en la dentina elimina la capa de desecho, a través de una desmineralización selectiva de la dentina peritubular ensancha la entrada de los túbulos dentinarios y de igual manera a través de la desmineralización la dentina intertubular, el acondicionamiento ácido logra exponer la red de fibras colágenas.

Luego del ácido se coloca el primer (imprimador) que penetra en la superficie acondicionada y produce el sellado. La técnica de aplicación de los sistemas adhesivos varía según el producto utilizado y el tipo de restauración, la cual puede utilizarse en restauraciones de amalgama, resina compuesta e incrustación.

El primer y adhesivo pueden presentarse de manera separada o en un solo producto. Algunos primers solo se secan mientras que otros se polimerizan. El adhesivo puede ser de autocurado, fotocurado o curado dual.

Es muy importante que se conozcan las características del producto con el que se va a trabajar y se respeten las instrucciones del fabricante. No se deben mezclar productos de diferentes casas comerciales.

2. FORROS CAVITARIOS

Son generalmente materiales que se presentan en la forma de polvo-liquido o pastas que después de mezcladas e insertadas en la cavidad forman una película fina de 0.2 a 1 mm. La función básica de estos materiales es proteger la pulpa de las agresiones externas o, una vez que la pulpa fue

expuesta, estimular la formación de tejido mineralizado. Debido a sus bajas propiedades mecánicas su uso debe estar restringido a cavidades profundas.⁴

Características generales:

- Se colocan en espesores que no superan los 0,5 mm.
- Constituyen una barrera antibacteriana y antitoxina (ante una eventual filtración marginal).
- Reducen la sensibilidad dentinaria.
- Proveen aislamiento químico y eléctrico al Órgano Dentino-Pulpar.
- Reducen el galvanismo.
- Pueden liberar fluoruro (acción preventiva).
- Actúan como bacteriostático y producen dentina terciaria (acción terapéutica). Hoy se sabe que ésta no es una propiedad exclusiva de estos materiales ya que en ausencia de infección la pulpa es capaz de formar dentina terciaria, reaccional o reparadora.
- Los materiales utilizados como forro cavitario son: Hidróxido de Calcio fraguable, cemento de Vidrio Ionomérico convencional o Vidrio Ionomérico modificado con resina.

2.1. Hidróxido de calcio:

El hidróxido de calcio fue inicialmente utilizado en Odontología por Nygreen en 1838 (Estocolmo), con la finalidad de tratar una fistula dental, y por Codman en 1851 en situaciones de amputaciones radiculares de pulpas vivas. Hernan en 1920, publico un trabajo que es considerado como el pionero del empleo del hidróxido de calcio, formulando una pasta (cakxyk-Otto & Co. Francfort, Alemania) cuyo vehículo era solución fisiológica.²

El hidróxido de calcio en sus diferentes formulaciones, ha sido el material más utilizado como agente de recubrimiento pulpar y considerado el patrón de oro para los estudios de biocompatibilidad pulpar.^{8,9}

Este material debe ser utilizado siempre que se sospeche de exposición pulpar o exista la misma. Cuando el hidróxido de calcio Ca(OH)_2 entra en contacto con la pulpa, este se disocia en iones de calcio (Ca^+) e hidroxilo (OH^-), ocasionando debido al elevado pH, una cauterización química superficial del tejido pulpar. Bajo un examen histológico puede observarse como una zona oscura de necrosis superficial en contacto con la pulpa. A pesar que el mecanismo exacto de acción no ha sido elucidado, se sabe que el alto pH del hidróxido de calcio produce un medio alcalino propicio para la deposición mineral debido al estímulo de los odontoblastos.^{2,10,11}

Esto resulta en la formación de un puente de dentina en la región donde hubo exposición directa o hipermineralización de dentina desmineralizada por el proceso carioso adyacente a la exposición pulpar en cavidades profundas.^{12,13}

Según Meeker et al.(1986), se sabe que la reacción de endurecimiento es una reacción ácido base con la producción de una sal altamente básica y soluble. Los elementos responsables por el endurecimiento son los iones de calcio y zinc presentes en la pasta base. Cuando estos componentes se mezclan reaccionan para formar una sal de disalicilato.¹⁴

El tungstato de calcio, óxido de titanio y el sulfato de bario, aportan la radiopacidad y la resistencia del material.⁴

El endurecimiento de los cementos de hidróxido de calcio fotoactivados se da a través de la aplicación de luz sobre la pasta, que también es compuesta de monómeros resinosos (UDMA o BisGMA y otros dimetacrilatos), de manera semejante a los materiales fotoactivados.⁴

Características generales:

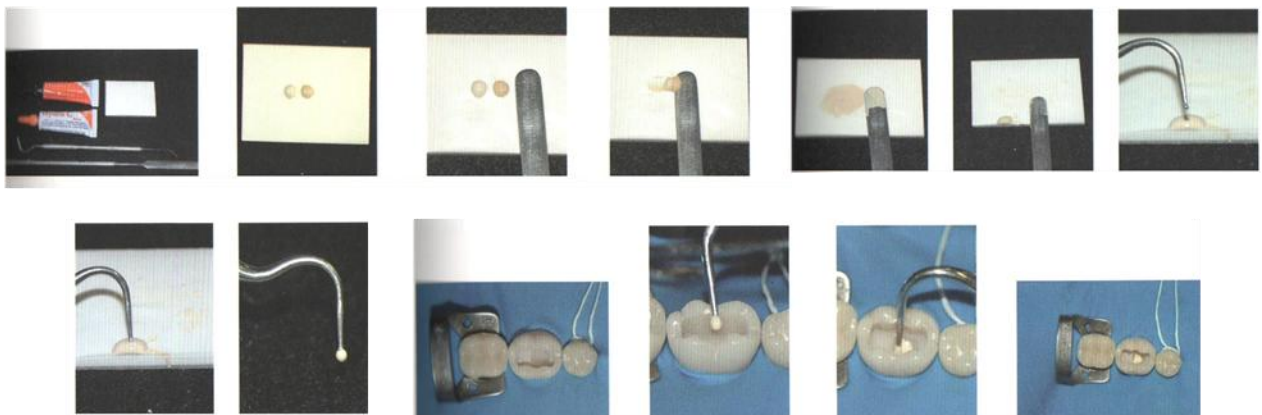
- Posee elevada alcalinidad (germicida y bacteriostático).
- Manipulación simple y endurecimiento rápido.
- Es soluble (se ablanda y desintegra ante una filtración marginal).
- Rigidez reducida.
- Poca resistencia compresiva y traccional.
- No es adhesivo.
- Su uso debe limitarse a pequeñas áreas de la cavidad y cubrirse con una material más resistente (como el vidrio ionomérico).
- Se presenta en forma de 2 pastas (una base y un catalizador). La mezcla se realiza en forma rápida 5 a 10 segundos. También existen cementos de hidróxido de calcio fotopolimerizables.

Estudios actuales realizados con el agregado de trióxido mineral (MTA) han mostrado buenos resultados.⁴

Manipulación Clínica del Hidróxido de Calcio:

Los cementos de hidróxido de calcio químicamente activados, deben ser mezclados. Deberán ser dispensados en cantidades iguales de la pasta base y la pasta catalizadora sobre una loseta de vidrio o sobre un block de espatulado que acompaña el material. Se deberán mezclar ambas hasta obtener un color homogéneo, generalmente durante 10 seg, siguiendo las indicaciones del fabricante. La inserción del material en la cavidad debe ser realizada con un aplicador de hidróxido de calcio.

Es fundamental que la cavidad se encuentre totalmente seca antes de la aplicación del cemento de hidróxido de calcio. Cuando el cemento entra en contacto con la humedad el tiempo de endurecimiento inicial pasa de 2 para 1 min; y el tiempo de endurecimiento final de 7 min para 2 min.¹⁴



Tomado de: Reis A, Loguercio A., 2012. Secuencia de Manipulación y aplicación del Hidróxido de Calcio.

En el caso de los cementos de hidróxido de calcio (fotoactivados), una pequeña cantidad deberá ser dispensada en un block o loseta, protegiéndola de la luz del ambiente. Con un aplicador de hidróxido de calcio el material es llevado a la preparación cavitaria, seguido de la fotoactivación con luz por 20 seg, dependiendo de las indicaciones del fabricante.⁴

2.2. Vidrio ionomérico:

Actúa como forro cavitario o como base cavitaria según el espesor y consistencia en que se coloque.

- Es adhesivo a estructura dentaria.
- Biocompatible, no irrita la pulpa.
- Libera fluoruro (efecto preventivo).
- Baja solubilidad y contracción.
- Buenas propiedades mecánicas como base cavitaria.
- Módulo de elasticidad y coeficiente de expansión térmica similar a la dentina.
- Para no alterar sus propiedades y evitar que sea irritante es fundamental respetar la relación polvo-líquido y realizar una correcta manipulación.

3. BASES CAVITARIAS

Durante muchos años el uso de bases ha sido parte integral del proceso de restauración. Sin embargo, en los últimos tiempos un número creciente de clínicos e investigadores ha cuestionado su utilización. Con el conocimiento actual de la biología pulpar y el desarrollo de técnicas adhesivas (hibridación) los argumentos a favor de utilizar forros y bases cavitarias han disminuido considerablemente.

Los agentes utilizados como bases cavitarias son materiales generalmente comercializados en la forma de polvo-líquido que después de mezclados forman una película más gruesa (mayor 1mm). El primer criterio para considerar al colocar un protector dentino pulpar es la profundidad de la cavidad o la cantidad de dentina remanente.

Características generales:

- Se colocan en espesores superiores a 1mm.
- Proveen aislamiento térmico, químico y eléctrico.
- Actúan como sustitutos de la dentina, devolviéndole la rigidez perdida.
- Rellenan socavados.
- Refuerzan la estructura dentaria debilitada.
- Disminuyen el espesor de material restaurador.

3.1. Fosfato de Zinc:

El cemento de fosfato de zinc se desarrolló originalmente hace más de 100 años y fue extremadamente popular durante el siglo XX. El componente del polvo es un 90 % de polvo de óxido de zinc con un 10 % de óxido de magnesio añadido. El líquido es ácido fosfórico al 50% en agua y se tampona con aluminio y sales de zinc para controlar el pH.⁵

Los componentes se mezclan en una relación 2:1(polvo-liquidopor peso) en una loseta de vidrio. Durante el espatulado los iones de ácido fosfórico reaccionan con los de zinc para producir una serie sucesiva de sales de fosfato de zinc hidratadas. Finalmente, se producen cristales de fosfato de zinc terciarios que forman una matriz cristalina alrededor de las partículas de óxido de zinc policristalinas residuales. Este cemento tiende a ser más débil y quebradizo que los cementos modificados con resina.⁵

Características generales:

- Contiene ácido fosfórico líquido, óxido de zinc, óxido de magnesio y pigmentos.
- Tiene buenas propiedades mecánicas.
- No libera fluoruros.
- No es adhesivo.
- Es ácido (puede producir inflamación pulpar, se debe colocar barniz antes de su uso clínico).
- Reacción exotérmica (produce un aumento de temperatura de 2,14°C).
- Se debe realizar espatulado amplio en loseta fría.

3.2. Policarboxilato:

El cemento de Policarboxilato lo desarrolló Smith en la década de 1960, en un esfuerzo por evitar los posibles problemas pulpares asociados al bajo pH de los cementos tradicionales y los problemas de biocompatibilidad relacionados con la movilidad de pequeños iones ácidos.⁵

Este cemento al presentar un polímero funcional ácido como sustituto al ácido fosfórico para la formación de la matriz, también fue posible producir cementos que podían adherirse a través de quelación a la superficie dental.⁵

Características generales:

- Contiene polvo de óxido de zinc y solución acuosa de ácido poli acrílico.
- Buenas propiedades mecánicas.
- Se adhiere a esmalte y dentina (por quelación con el calcio de la superficie).
- No libera fluoruro.
- Manipulación muy complicada (muy pegajoso al instrumental).

3.3. Óxido de Zinc-Eugenol mejorado:

Desde 1980, cuando fue indicado por primera vez, el cemento de óxido de zinc eugenol ha sido ampliamente estudiado, aumentando sus indicaciones a lo largo del tiempo, particularmente debido a su efecto sedativo.⁴

- Polvo de óxido de zinc, resina hidrogenada, polímero, alúmina, cuarzo. El líquido contiene eugenol y acelerador de fraguado EBA.
- Inhibe el crecimiento bacteriano (se utiliza para la inactivación de caries múltiples debido a su efecto antibacteriano).
- Buen sellado (puede utilizarse como material provisional).
- Es irritante pulpar en cavidades profundas (a mayor espesor de dentina remanente menor será el efecto tóxico del eugenol).
- Propiedades mecánicas menores a las del vidrio ionomérico.
- Incompatible con restauraciones adhesivas porque el eugenol inhibe la polimerización de las resinas compuestas.
- El eugenol bloquea la transmisión nerviosa, interfiere con la respiración celular. Eugenol: derivado del fenol, conocido como tóxico, es sedativo.

Reacción de endurecimiento del Óxido de Zinc Eugenol:

Según Wilson et al., 1973, es una reacción de quelación que envuelve básicamente al óxido de zinc y al eugenol.¹⁵ En la presencia de agua estos compuestos forman una matriz de eugenolato de zinc. Como existe mayor porción de polvo necesaria para reaccionar con el eugenol, al final de la reacción de endurecimiento quedan muchas partículas que no reaccionan envueltas por una matriz de eugenolato de zinc. Este material podría sufrir la ruptura de los enlaces internos y la liberación de eugenol hacia el medio, dicha liberación es fundamental para actividades antimicrobianas y antiinflamatorias.

La Resina terebentina disminuye la fragilidad del material, el estearato de zinc funciona como un plastificador y el acetato de zinc mejora la resistencia del cemento.¹⁵

Materiales que contienen ácido orto-etóxi-benzoico (EBA) o polimetacrilato de metilo (PMMA), son por lo general materiales con mejores propiedades mecánicas que el óxido de zinc convencional.⁴

Manipulación del Óxido de Zinc Eugenol:

Se debe dispensar en una loseta de vidrio o block de mezcla, agitando el frasco del polvo de óxido de zinc. Introducir la cuchara dispensadora, brindada por el fabricante en el interior del frasco. Se coloca una gota del líquido de eugenol.

La manipulación debe ser llevada el polvo al líquido, ejerciendo un espatulado envolvente, de manera que todo el polvo sea humedecido por el líquido. Cuando la siguiente porción de polvo es llevada a la masa, la sensación es que no será posible incorporar todo el polvo, esto debido a la falta de líquido. Se debe ejercer presión sobre la loseta al momento del espatulado para que haya un afloramiento del líquido permitiendo así toda la incorporación del polvo, previamente dosificado según las instrucciones del fabricante.⁴



Tomado de: Reis A, Loguercio A., 2012. Secuencia de Manipulación del Óxido de Zinc Eugenol mejorado

La masa obtenida debe ser homogénea, con aspecto un poco brillante y de consistencia de masilla, es decir, después de la manipulación puede hacerse un “rollo” que se deslice fácilmente por la loseta. Deberá llevarse a la preparación cavitaria mediante el atacador de cemento.⁴



Tomado de: Reis A, Loguercio A., 2012. Secuencia de Colocación del Óxido de Zinc Eugenol mejorado.

3.4. *Cemento de Vidrio Ionomérico:*

Wilson y Kent (1972), desarrollaron un material usado para base denominado vidrio ionomérico. Este cemento ha reportado grandes ventajas desde el punto de vista mecánico, de adhesión a la estructura dentaria, liberación de flúor.

Wilson, quien fue uno de los creadores de estos cements establece Reis A, Loguercio A., 2012 R 1996, que la realidad fue que en 1960 el departamento de ciencias e investigaciones del gobierno británico le asignó la posibilidad de mejorar las propiedades de los cements de silicato (vidrios de aluminosilicato). Luego de mezclar este polvo con ácidos (tartárico, pirúvico, tánico, glicerol-fosfórico y tetrafosfórico; soluciones de 35 a 50 %) encontraron que los cements eran inestables, pero que la mezcla con ácido Poliacrílico al 25%, obtuvieron un cemento que si bien tardaba en endurecer era estable hidrolíticamente a las 24 hrs.

Polvo: consiste en partículas de vidrio aluminosilicatos de calcio, de carácter ácido soluble.²

La composición porcentual por peso de estos polvos es de 1,6 a 2,4% de fluoruros; 20,1 a 28,6 % de óxido de aluminio; 3,8 a 12 % de aluminio; 3,6 a 9,3% de fluoruro sódico; 35,2 a 41,9% de dióxido de silicato y 15,7 a 20,1 % de fluoruro de calcio.

Líquido: en un principio el líquido era una solución acuosa de 35 % a 50 % de ácido poliacrílico, con alta viscosidad y tendencia a gelificar con el tiempo.²

Actualmente, es una mezcla de ácidos poliacrílico, maléico, itánico y tricarbóxico. Estos ácidos tienden a disminuir la viscosidad, reducen la tendencia a la gelificación e incrementan la acidez.²

Reacción de fraguado:

La mezcla fragua químicamente a través de una reacción ácido-básica; la cual tiene lugar entre el vidrio del polvo y el líquido, para formar una sal. Cuando el ácido poliacrílico ataca al polvo del cemento se desprenden iones de calcio y aluminio que se encuentran en la superficie del vidrio y esta reacción produce un hidrogel formado por los poliacrilatos de aluminio y calcio.

La reacción acontece en varios estados simultáneamente. Los iones de calcio, de alta reactividad, se unen primero a las cadenas de poliacrilatos, que a los iones del aluminio y son los responsables del endurecimiento inicial. En una segunda etapa se forman puentes de sales de aluminio y el cemento endurece a las 24 horas.¹⁶

Esto deja ver la doble reacción de fraguado que afecta la solubilidad inicial de estos cementos, ya que la polisal de calcio es hidrolíticamente inestable que la de aluminio. Es una reacción lenta, compleja y sensible a la exposición acuosa o a la deshidratación, lo que le traería como consecuencia directa, alteraciones en las propiedades físicas finales del cemento.¹⁶

Forma de fraguado:

En la actualidad existen dos sistemas de fraguado de estos cementos de vidrio ionomérico, uno de ellos autofraguado y el de fotofraguado; la diferencia entre ellos es que los fotofraguados poseen mejor comportamiento es sus propiedades, debido al fraguado más rápido y completo.⁴

Es el material que más se acerca al ideal:

- Es adhesivo a estructura dentaria.
- Biocompatible, no irrita la pulpa.
- Libera fluoruro (efecto preventivo)
- Baja solubilidad y contracción
- Buenas propiedades mecánicas como base.
- Módulo de elasticidad y coeficiente de expansión térmica similar a la dentina.
- Para no alterar sus propiedades y evitar que sea irritante es fundamental respetar la relación polvo-líquido y realizar una correcta manipulación siguiendo indicaciones del fabricante.

Clasificación de los cementos de vidrio ionomérico:

Según la especificación N 66 de la American NationalStandar-Asociación Dental Americana de 1990. ASI/ADA estos cementos se clasifican en:

- TIPO I: para agentes de cementación.
- TIPO II: para material restaurador y base cavitaria.

Otra clasificación muy usada es la de Mount (1990), que es una modificación de la de Wilson y Mclean(1988), la cual está ampliamente aceptada y que se considera los siguientes tipos:

- Tipo I: agente cementante.
- Tipo II: cemento para restauración.
 - Estético.
 - Restaurador.
- Tipo III: cementos para bases cavitarias.

Existe otra forma de presentación es el sistema pre-dosificado en capsulas donde se encuentra el polvo-liquido. Phillips (1991) y Tay(1989), establecen que esta presentación tiene algunas ventajas; mejor mezcla, menos porosidad y desventajas, el costo y que el clínico no controla el color.¹⁷

Manipulación del Vidrio Ionomérico Convencional:

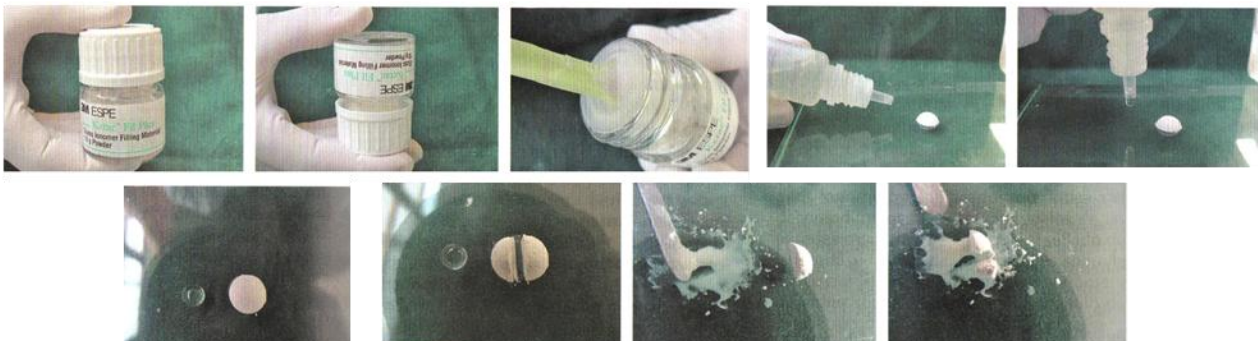
Se debe seguir instrucciones del fabricante.

- a. Agitar el frasco de polvo para homogeneizar sus ingredientes.
- b. Retirar la medida exacta de polvo con al cucharita enrasándola con el plástico nivelador.
- c. Al verter el líquido el envase debe inclinarse en 2 tiempos: primero, se coloca de forma horizontal hasta que el líquido llegue al orificio de salida y luego de invierte completamente hasta dejar caer la gota, para que esté libre de burbujas de aire.
- d. La mezcla se realiza sobre un block o sobre una loseta de vidrio que puede enfriarse para aumentar el tiempo de trabajo.
- e. Se mezcla rápidamente incorporando el polvo al líquido de una vez o en 2 porciones. El tiempo de espatulado no debe sobrepasar los 30 segundos.
- f. Es conveniente usar espátulas de plástico, teflón o titanio ya que las de acero inoxidable se rayan pudiendo incorporar partículas metálicas a la mezcla.
- g. El aspecto del material debe ser brillante, lo que indica que conserva sus propiedades adhesivas (asegura la presencia de grupos carboxilos libres que se unirán al calcio de los cristales de hidroxiapatita). La consistencia debe ser hilante.
- h. El tiempo de fraguado es alrededor de 4 minutos dependiendo de la indicaciones del fabricante.

Manipulación del Vidrio ionomérico modificado con resina:

También se presenta en forma de polvo-liquido, a los que se les ha incorporado un monómero soluble (HEMA) y un fotoiniciador.

- a. La manipulación es más sencilla que la del convencional, el tiempo de trabajo es mayor y el endurecimiento se reduce a los 30 segundos de fotopolimerización.
- b. Menor solubilidad.
- c. Menor potencial de contaminación con la humedad.
- d. No se resquebraja por desecamiento.
- e. Su color se asemeja más a la dentina.
- f. Si se coloca por capas estas se adhieren entre sí (no ocurre con el convencional).
- g. Al contener resinas en su composición se puede esperar que presente algo de contracción, desde el punto de vista clínico y ésta es despreciable.
- h. Propiedades mecánicas son superiores a las del convencional pero su módulo elástico es inferior.



Tomado de: Reis A, Loguercio A., 2012. Secuencia de manipulación del Cemento de Vidrio Ionomérico

Para favorecer la adhesión del vidrio ionomérico se hace el pre tratamiento de la dentina con soluciones de ácido poli acrílico al 10% o al 25%. Para algunos productos de fotoactivación no se recomienda el pre tratamiento de la dentina, hay marcas comerciales que proporcionan sus propios primers y adhesivos.^{1,2,4}

FACTORES PARA LA SELECCIÓN DEL MATERIAL DE PROTECCIÓN DENTINO PULPAR

Para seleccionar el material de protección dentino pulpar a utilizar hay que evaluar una serie de factores:

- **Diagnóstico pulpar:** ningún material de protección podrá revertir un estado de pulpitis o necrosis ante un diagnóstico equivocado. Se debe tener en cuenta los signos y síntomas de una pulpa vital sana o con lesiones reversibles para poder diferenciarlos de las irreversibles. Hacer pruebas de vitalidad y evaluación radiográfica.
- **Permeabilidad dentinaria:** cuanto mayor sea la permeabilidad, mayor serán las vías de entrada de elementos irritantes hacia la pulpa, por lo tanto mayor será la necesidad de protegerla.

La permeabilidad se relaciona en forma directa con la profundidad de la preparación. A mayor profundidad menor es el número de túbulos dentinarios por unidad de superficie y mayor es el diámetro de cada túbulo. Los túbulos dentinarios próximos a la unión amelodentinaria tienen un diámetro de 0,8 μm y los que están próximos a la pulpa tienen un diámetro de 3 μm .

La permeabilidad también depende de la edad del paciente; el diente joven con anchos túbulos es más permeable que el diente viejo que ha producido dentina esclerótica o terciaria. La dentina terciaria si no ha sido invadida por bacterias es el mejor material biológico de protección dentino pulpar.

- **Edad del paciente:** es importante por la relación que tiene con la permeabilidad y porque en el paciente joven el tamaño de la pulpa es mayor lo que significa menores espesores de dentina remanente luego de la preparación cavitaria.

La pulpa joven, bien irrigada responde positivamente a las noxas formando dentina terciaria y esclerótica, como elementos de defensa.

- **Profundidad de la preparación:** es el factor que más pesa al momento de decidir la protección dentino pulpar; por esto las preparaciones cavitarias se han clasificado en: superficiales, intermedias y profundas.

A mayor profundidad la aproximación al núcleo odontoblástico es mayor, entonces más grande es el riesgo de producir lesión pulpar. La excesiva profundidad de la preparación también produce debilitamiento del piso cavitario.

- **Material de restauración:** materiales no adhesivos requerirán de un material sellador para evitar la filtración marginal. Debe haber compatibilidad de los materiales de protección y restauración.
- **Oclusión:** las restauraciones ubicadas en zonas activas de oclusión que reciben fuerzas masticatorias intensas requieren de bases rígidas.

APLICACIÓN CLÍNICA DE LOS MATERIALES DE PROTECCIÓN DENTINO PULPAR

El primer paso antes de colocar un material consiste en limpiar la preparación con una solución detergente o bactericida.

Preparación superficial (hasta 0,5 mm del LAD, 75% de dentina remanente)

La mejor protección dentino pulpar es la dentina remanente. La protección estará destinada simplemente a sellar la dentina para evitar el pasaje de sustancias químicas, bacterias y toxina y filtración marginal.

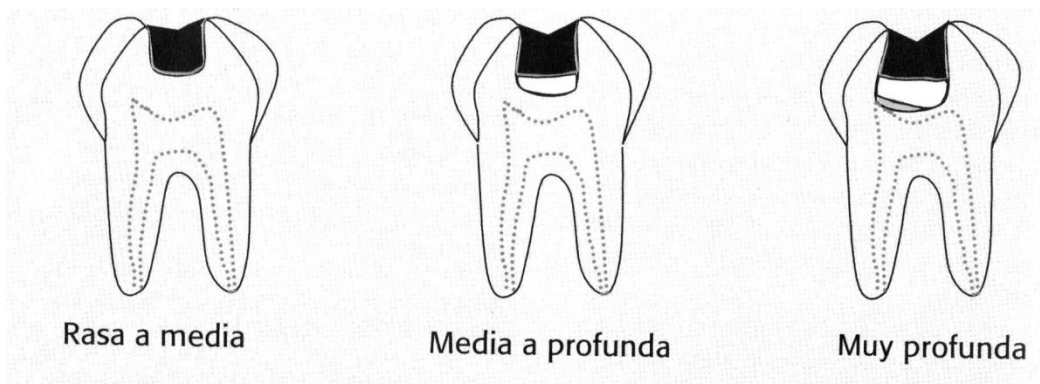
Restauración con Amalgama	=	barniz o sistema adhesivo
Restauración con Resina Compuesta	=	sistema adhesivo
Restauración con Vidrio ionomérico	=	pre tratamiento de la dentina

Preparación intermedia (entre 0,5 y 2 mm del LAD, 50% dentina remanente)

Restauración con Amalgama	=	óxido de zinc eugenol mejorado	+	barniz
		vidrio ionomérico	+	barniz o sistema adhesivo
Restauración con Resina Compuesta	=	sistema adhesivo		
Restauración con Vidrio ionomérico	=	pre tratamiento de la dentina		

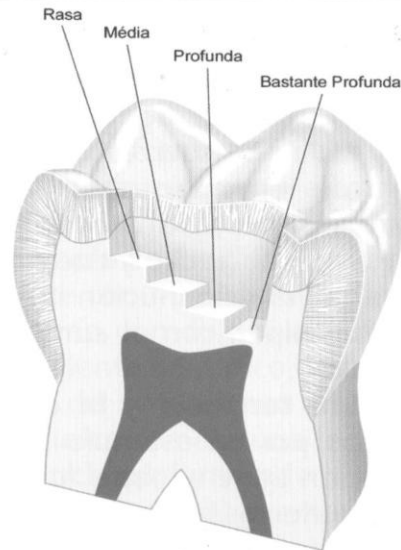
Preparación profunda (más de 2 mm LAD, menos de 25% de dentina remanente)

Restauración con Amalgama	=	óxido de zinc eugenol mejorado	+	barniz
		vidrio ionomérico	+	barniz o sistema adhesivo
Restauración con Resina Compuesta	=	vidrio ionomérico	+	sistema adhesivo
Restauración con Vidrio ionomérico	=	pre tratamiento de la dentina		



Tomado de : Reis A. Loguercio A., 2012. Profundidad Cavitaria.

Reis A, Loguercio A., 2012.
Profundidad Cavitaria.



Recubrimiento pulpar:

Son todos aquellos materiales que son colocados cuando se está en presencia de una cavidad muy profunda, donde se observe transparencia o exposición pulpar.

1. Indirecto:

Si en el caso de una cavidad profunda encontráramos una transparencia pulpar se realiza un recubrimiento pulpar: Se tiende a colocar hidróxido de calcio fraguable en el sitio de la transparencia. Algunos autores no aconsejan el uso del hidróxido de calcio, ya que al obtener un sellado hermético de los túbulos la pulpa reacciona favorablemente y forma su propia defensa, cualquiera sea el material que recubra la dentina.¹

De cualquier manera el hidróxido de calcio al neutralizar el pH ácido en la profundidad de la cavidad crea condiciones favorables para que se produzca la reparación. Continúa siendo el material de preferencia para colocar ante una transparencia o exposición pulpar.¹

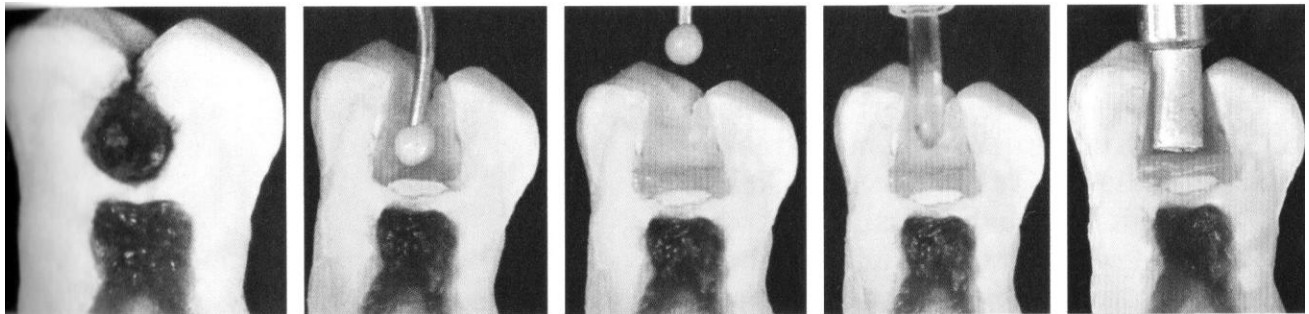
Luego se colocara una base cavitaria de vidrio ionomérico para reforzar el piso y reemplazar el tejido dentinario perdido, seguido se colocara barniz o sistema adhesivo dependiendo del material restaurador seleccionado.

2. Directo:

Tiene como finalidad mantener la vitalidad de la pulpa y lograr su cicatrización, mediante el cierre de la brecha con tejido calcificado. Es probable que se produzca exposición pulpar haciendo la eliminación de caries. En este caso hay que preguntarse: si no ha habido un error en el diagnóstico y si los microorganismos presentes en la caries no han invadido ya el tejido pulpar, si es así lo más aconsejable es realizar el tratamiento endodóntico, en caso contrario si a través del diagnóstico se considera que ese tejido pulpar se encuentra en buen estado se procede al recubrimiento pulpar directo.¹

Protocolo clínico:

1. Aislamiento absoluto previo a la exposición pulpar.
2. Control de la hemorragia. Con torundas de algodón estériles. Si no se ha concluido la preparación cavitaria debe hacerse en este momento y eliminar completamente la caries manteniendo la exposición cubierta con algodón estéril.
3. Se coloca una capa de hidróxido de calcio fraguable, sobre la exposición pulpar.
4. Se recubre el piso con una base cavitaria de vidrio ionomérico.
5. Restauración provisional, se mantendrá en observación durante un mínimo de 15 días. Posterior a esto si el paciente se encuentra asintomático y sin signo radiográfico de patología pulpar se realiza la restauración definitiva.



Tomado de :Reis A, Loguercio A., 2012. Secuencia de Colocación Hidróxido de Calcio+ Vidrio Ionomérico + Barniz Cavitario + Amalgama

Para comprobar el éxito clínico del tratamiento se deben esperar entre 45 o 90 días. Si hay síntomas clínicos de pulpitis durante ese lapso nos indica el fracaso del tratamiento y por ende necesidad de endodoncia. Ante la ausencia de síntomas se realizan pruebas para comprobar la vitalidad pulpar y control radiográfico para comprobar la formación de puente dentinario.

Fitzgerald y Heys (1993), evaluaron clínica e histológicamente los resultados positivos de Recubrimiento Pulpar Directo (RPD) con hidróxido de calcio fraguable. Sin embargo, sugieren que si se sospecha que al hacer la extirpación completa de la caries provocara exposición pulpar sería preferible conservar una fina capa de dentina cariada en el fondo de la cavidad y realizar una protección indirecta. Se deja pasar 60 a 90 días para permitir la formación de dentina terciaria dentro de la cámara y luego de esto podrá removerse la caries remanente sin peligro de exponer la pulpa.

Factores que condicionan el éxito de la protección dentino pulpar directa:

- ✓ Diagnostico pulpar previo, la pulpa debe estar sana.
- ✓ Tamaño de la exposición: debe ser pequeña (menor a 1 mm) y con hemorragia escasa.
- ✓ Edad del paciente: el diente debe ser joven con buena capacidad defensiva.
- ✓ Eliminación de caries: la mayor parte de tejido cariado debe haber sido eliminado antes de que se produzca la exposición.
- ✓ Aislamiento del campo: para el momento en que se produzca la exposición el diente debe encontrarse bajo aislamiento absoluto.
- ✓ Sellado de la restauración: debe existir un buen sellado de la cavidad luego de realizado el recubrimiento pulpar directo.

Reparación del complejo dentino pulpar:

Cuando las condiciones son favorables se produce la reparación del complejo que había sido afectado por el ataque primario (caries, erosión, abrasión y trauma) y por el ataque secundario (preparación cavitaria y obturación).

La pulpa posee una abundante vascularización y un sistema linfático que permite aportar la nutrición necesaria para permitir la reparación y por otro eliminar los escombros.

Etapas

1. La hilera de odontoblastos destruida comienza a ser reparada y es ocupada por células ectomesenquimáticas indiferenciadas que provienen de la zona rica en células.
2. Todo proceso inicial de reparación ocurre en las 3 primeras semanas. No puede hablarse de formación de dentina terciaria antes de un lapso de 20 a 22 días.
3. Una vez que las células culminan su diferenciación a odontoblasto, comienzan a producir su función dentinogénica. Sobre una matriz atubular o con pocos túbulos depositan su carga de calcio y producen una dentina imperfecta que es la dentina terciaria reparadora.
4. Los dientes sospechosos deben vigilarse por un periodo entre 6 y 7 semanas. Después de 7 semanas de la preparación cavitaria, si la formación de dentina de reparación no se produjo hasta ese momento, no ocurrirá en el futuro.

REFERENCIAS

- 1.- Barrancos M., J. *Operatoria Dental Integración Clínica*. Editorial Panamericana. Argentina. 2006.
- 2.- Busato A., S. *Odontología restauradora y estética*. Editorial Amolca. Brasil. 2005.
- 3.- Henoztroza Haro, G. *Caries Dental; Principios y procedimientos para el diagnóstico*. Lima. 2007.
- 4.- Loguercio A. y Reis. A. *Materiales dentales directos, de los fundamentos a la aplicación clínica*. Edición Santos. Brasil. 2012.
- 5.- Studervant, R. T. *Arte y ciencia de la odontología conservadora*. Editorial Elsevier Mosby. España. 2007.
- 6.- Ferracane, J. L. *Materials in dentistry: principles and applications*. 1 ed. JB Lippincott: Philadelphia, 1995.
- 7.- Leinfelder, K. Bases, liners and cavity varnishes. *Esthet Dent Update*. 5:28, 1994.
- 8.- Stanley, H.R. Criteria for standardizing and increasing credibility of direct pulp capping studies. *Am J Dent* 1998, 11 Sep. No:s17-34.
- 9.- Goldberg, M., Six, N., Decup, F., Lasfargues, J.J., Salih, E., Tompkins, K., Veis, A. Bioactive molecules and the future of pulp therapy. *Am J Dent*. 2003.

- 10.- Estrela, C., Sydney, G.B., Bammann, L.L., Felipe Junior, O., Mechanism of action of calcium and hidroxy l ions of calcium hydroxide on tissue and bactetria. *Braz Dent J.* 1995.
- 11.- Fava, L.R.G., Saunders, W.P. Calcium hidroxide pastes: classification and clinical indications. *IntEndod. J.* 1999.
- 12.-Mjor, I.A., Finn, S.B., Quiingley, M.B. Effect of calcium hydroxide and amalgam on non carious, vital dentine. *Arc Oral Boil.*1961.
- 13.-Eidelman, E., Finn, S.B., Kolourides, T. Remineralization of carious dentin treated with calium hydroxide. *J Dent Child.* 1965.
- 14.- Lim, M.Y.L.,McCabe, J.F. Linnig materials for amalgam restorations. *Br Dent J.* 1982.
- 15.-Craig, R.G., Powers, J.M. *Restorative dental materials.* 11a. ed. St. Louis: Mosby-Year Book Inc, 2002. 704p.
- 16.- Baratieri, L.N., Machado, A., Van Noort, R., Ritter, A.V., Baratieri, N.M. Effetc of pulp protection technique on the clinical performance of amalgam restoration: three-years results. *Oper. Dent.* 2002.
- 17.-Tsy, F.R., Frankenberger, R., Single bottle adhesives behave as permeable membranes after polymerization. In vivo evidence.*J Dent.* 2004.
- 18.-Pashley, D.H., O'Meara, J.A.,Williams, E.C., Kepler, E.E. Dentin permeability: Effects of cavity varnishes and bases. *J Prosthet Dent.* 1985.
- 19.-Pashley, D.H., Livingstoin, N.J., Outhwhite, W.C., Rate of permeation of isotopes through human dentin, in vitro. *J Dent Res.* 1977.
- 20.- Roberson, T.M., Heymann, H.O., Swift Jr, E.J. *Studervant's-art & science of Operative Dentistry.* 4ed. Mosby: St. Louis, 2002.