



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN
RESINAS COMPUESTAS.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N A D E N T I S T A

P R E S E N T A:

MITZI ALICIA BOJORGES YESCAS

TUTOR: C.D.RODRIGO DANIEL HERNÁNDEZ MEDINA

MÉXICO, D.F.

2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Agradecimientos

A mis padres a quienes amo y respeto, les doy gracias por alentarme a seguir adelante, a enseñarme a ser una mejor persona cada día, por su amor, tolerancia, y porque sin su apoyo no hubiera logrado culminar mi carrera.

A mis hermanos a quienes amo profundamente, por el apoyo, comprensión y consejos brindados a lo largo de mi vida personal y desarrollo profesional.

Al C.D. Rodrigo Hernández por el apoyo y paciencia que me brindo para el desarrollo de esta tesina y de quien espero seguir los pasos para superarme profesionalmente cada día.

A mis verdaderos amigos Kimberly, Israel, Franco, por su apoyo y amistad brindada, y quienes me alientan a buscar siempre lo mejor.

A mis compañeros del seminario por permitirme conocerlos estos 3 meses los quiero y respeto.



Índice

| | |
|---|----|
| 1.- Introducción. | 4 |
| 2.- Propósito..... | 5 |
| 3.- Objetivos..... | 6 |
| 4.- Concepto de contracción por polimerización. | 7 |
| 5.- Resinas compuestas. | 8 |
| 5.1 Matriz orgánica. | 9 |
| 5.2 Relleno inorgánico. | 10 |
| 5.3 Agente de unión..... | 11 |
| 6.- Polimerización de las resinas compuestas. | 12 |
| 6.1 Química de la polimerización..... | 12 |
| 6.2 Grado de conversión..... | 15 |
| 6.3 Estrés asociado a la contracción por polimerización. | 16 |
| 6.4 Relajación del estrés..... | 17 |
| 6.5 Factor C. | 17 |
| 6.6 Lámparas de fotopolimerización. | 19 |
| 7.- Efectos de la contracción por polimerización..... | 26 |
| 7.1 Cambio de coloración. | 26 |
| 7.2 Sensibilidad posoperatoria..... | 27 |
| 7.3 Microfiltración y caries secundaria. | 28 |
| 8.- Métodos para contrarrestar la contracción por polimerización..... | 29 |
| 8.1 Técnica de colocación de las resinas compuestas por capas. ... | 29 |
| 8.2 Protocolos de fotopolimerización. | 34 |
| 8.3 Ionómero de vidrio convencional de alta viscosidad usado en la técnica de sándwich cerrado. | 38 |
| 8.4 Técnica indirecta de resina compuesta..... | 40 |
| 9.- Conclusiones | 44 |
| 10.-Bibliografía..... | 47 |



1.- Introducción.

Las resinas compuestas hoy en día son el material restaurador más estético y con características similares al diente, debido a su demanda son ampliamente utilizados para restaurar dientes con lesiones cariosas o fracturas.

Sin embargo a pesar de presentar estética, en cuanto a funcionalidad presentan ciertas desventajas, dentro de ellas y la más importante es la contracción por polimerización, que aún sigue en constante investigación por los fabricantes que buscan eliminar los efectos que causa la contracción.

Dicho efecto se produce durante el proceso de polimerización de la resina, en la cual los monómeros se unen por enlaces covalentes y forman cadenas de polímeros lo que ocasiona una reducción del volumen inicial de la resina, al generarse la contracción se desarrollan fuerzas que se transforman en tensiones, de esta forma cuando se adhiere la resina a las paredes de la cavidad, se produce un estrés asociado a la contracción por polimerización; así bien las resinas con alta incorporación de relleno se contraen menos, pero causan mayor estrés de contracción lo que propicia mayor filtración, por ser demasiado rígidas.

De esta forma la contracción volumétrica que sufre la resina compuesta durante el curado junto con el estrés de polimerización, producen fallos cohesivos y adhesivos, que aunado al grado de conversión monómero-polímero provocan el fracaso de las restauraciones con resinas compuestas.



2.- Propósito.

Esta revisión bibliográfica va enfocada hacia las técnicas y protocolos para reducir el estrés originado por la contracción de polimerización y así evitar efectos asociados con este proceso tales como microfiltración, sensibilidad posoperatoria y cambio de coloración en restauraciones con resina compuesta, para así lograr una restauración funcional, estética y duradera.



3.- Objetivos.

Conocer las propiedades físicas, mecánicas y estéticas de la composición de las resinas compuestas.

Conocer los efectos clínicos que causa la contracción por polimerización al colocar resinas compuestas en un diente.

Conocer las técnicas y procedimientos que disminuyen la contracción por polimerización en resinas compuestas.

Objetivos específicos.

Hacer una revisión de la composición de las resinas compuestas y su relación con la contracción.

Hacer una revisión de las maneras de contrarrestar la contracción de polimerización.

Revisar las técnicas de colocación de una resina compuesta, para disminuir la contracción de polimerización.

Revisar las características de la técnica incremental, al momento de colocar una restauración con resina compuesta, para disminuir la contracción de la resina.

Hacer una revisión de los protocolos de fotopolimerización para llevarlos correctamente a la práctica clínica, y así evitar incrementar un mayor estrés asociado a la contracción por polimerización.

Utilizar las técnicas de restauración indirectas para reducir el estrés asociado a la contracción por polimerización.

Revisión del factor C y su influencia en la contracción de la polimerización.



4.- Concepto de contracción por polimerización.

Entendemos como contracción a la propiedad relacionada con la matriz de resina, que se presenta durante el proceso de polimerización, el cual consiste en la conversión de monómeros a polímeros y es iniciada por distintos medios para formar radicales libres, de esta forma las moléculas separadas en la matriz, se unen a sus vecinas para formar uniones químicas y así la resina se transforma en sólido. El resultado de éste proceso es una reducción de volumen inicial, conocido como contracción por polimerización.^{1,2}

Durante el proceso de contracción por polimerización la resina atraviesa por tres fases, la pre-gel, el punto gel, y la post-gel siendo que en la fase pre-gel la matriz de la resina se encuentra en estado viscoplástico por lo tanto las moléculas se pueden deslizar y adquirir diferentes posiciones, de esta forma la tensión que se genera en esta fase no se transfiere a la interfase de unión, debido a la capacidad de escurrimiento de las moléculas. Cuando el proceso de polimerización avanza para formar macromoléculas y transformar la resina a un estado sólido, las moléculas ya no pueden moverse dentro de la matriz orgánica, es aquí cuando la resina llega al punto gel, para posteriormente pasar a la fase post-gel en la cual la resina alcanza un grado de rigidez elevado, pierde su capacidad de escurrimiento y transfiere la tensión generada por el material a la interfase diente- restauración.^{3,4}

Las tensiones transferidas a la interfase adhesiva a partir del punto gel, propician que cuanto más extensa sea la fase pre-gel, menor será la cantidad de tensiones transferidas, pues la conversión de monómeros en polímeros se produciría lentamente, permitiendo un mejor escurrimiento del material y reducción de la tensión de contracción en la resina compuesta.



5.- Resinas compuestas.

Estas resinas se introdujeron en el campo de la odontología restauradora para minimizar los defectos de las resinas acrílicas que sustituyeron a los cementos de silicato a finales de los años 40 -en ese entonces los únicos materiales estéticos disponibles-, la principal desventaja de estos materiales era el desgaste que sufrían al poco tiempo de ser colocados. Sin embargo las resinas acrílicas de polimetilmetacrilato (PMMA) también presentaban desventajas como su baja resistencia al desgaste y contracción por polimerización muy elevada, en consecuencia mucha filtración marginal.^{5, 6}

En 1962 el Dr. Ray L. Bowen desarrolló un nuevo tipo de resina compuesta innovando la matriz con el monómero del Bis-GMA (bisfenol glicidil metacrilato) y un silano entre la matriz y las partículas de relleno, tratando de mejorar las propiedades físicas de las resinas acrílicas cuyos monómeros permitían solamente la formación de polímeros de cadenas lineales. Estos composites de curado químico exigían mezclar la pasta base con el catalizador, sin embargo se presentaban problemas derivados de la proporción, mezcla y estabilidad de color.^{5, 6}

A partir de 1970 aparecieron los materiales compuestos polimerizados mediante radiaciones electromagnéticas, evitando así problemas de la mezcla y otros inconvenientes, se utilizó la energía luminosa de una fuente de luz ultravioleta (365 nm), pero ante sus efectos iatrogénicos y su poca profundidad de polimerización, fué sustituida por luz visible (400 - 700 nm), actualmente en uso y desarrollo.⁵

Las resinas compuestas son combinaciones tridimensionales de por lo menos dos materiales químicamente diferentes, con una interfase

distinta, se modifican para obtener color, translucidez y opacidad, para imitar el color de los dientes naturales, siendo así el material más estético de restauración directa.⁶



Figura no. 1 Se observa la composición de la resina compuesta, Tomado de Rodríguez D, Pereira N. Evolución y tendencias actuales en Resinas Compuestas. Acta Odontológica Venezolana 2008; vol.46.

Sin embargo su desarrollo obliga a una constante actualización, sobre todo para resolver la contracción por polimerización y el estrés asociado a ésta.⁶

5.1 Matriz orgánica.

Esta matriz es la columna vertebral de las resinas compuestas, conocida también como fase orgánica la cual consta de un sistema de monómeros mono, di o tri funcionales; el Bis-GMA es el monómero de alto peso molecular más utilizado, presenta una estructura aromática que aumenta su rigidez, su fuerza compresiva y disminuye la absorción de agua, se puede encontrar solo o asociado a otros monómeros para facilitar su manipulación clínica, ya que ésta resina es muy viscosa, dichos monómeros pueden ser el dimetacrilato de uretano (UDMA), etilenglicol-dimetacrilato (EGDMA) o el trietilenglicol-dimetacrilato (TEGDMA).^{2, 4, 5}



Las fases orgánicas presentan otros componentes que se le añaden para mejorar y favorecer sus propiedades:

Inhibidores: Compuestos que previenen la polimerización prematura de la resina, los más utilizados son; 4-metoxifenol (PMP), 2 4 6 -Terciarbutil fenol (BHT), el éter monometílico de hidroquinona, destacando el BHT ya que presenta una estabilidad de color más aceptable. ²

Sistema iniciador de la polimerización: en las resinas compuestas fotopolimerizables es una alfa-dicetona (camforoquinona) y en las resinas quimiopolimerizables es el peróxido benzoilo (PB).⁵

Sistema acelerador: El cual actúa sobre el iniciador y permite su polimerización (el dimetilamino etilmetacrilato DMAEM, el etil-4-dimetilaminobenzoato o el N, N--cianoetil-metilanilina CEMA). ⁵

Absorbente de la luz ultravioleta: por debajo de los 350 nm, como la 2-hidroxi-4-metoxibenzofenona, para dar estabilidad del color. ⁵

5.2 Relleno inorgánico.

Conocido también como fase dispersa, del que dependen las propiedades físicas y mecánicas de la resina compuesta, proporciona estabilidad dimensional a la matriz, reduce el coeficiente de expansión térmica, disminuye la contracción final de la polimerización, proporciona radiopacidad e incrementa la estética.⁵

Existe gran variedad de partículas de relleno empleadas en función de su composición química, morfología y dimensiones, destacando el dióxido de silicio, borosilicatos y aluminosilicatos de litio. Las partículas de cuarzo son dos veces más duras y menos susceptibles a la erosión que el vidrio, proporcionan mejor adhesión con los agentes de conexión (Silano).^{5, 6}

Muchas resinas reemplazan parcialmente el cuarzo por partículas de metales pesados como bario, estroncio, zinc, aluminio o zirconio, que son radiopacos.⁵

5.3 Agente de unión.

Bowen demostró que las propiedades óptimas de las resinas compuestas dependían de la unión entre la matriz orgánica y el relleno inorgánico, esto se logra con un agente de unión o de acoplamiento, que tiene características de matriz y relleno. El agente responsable de esta unión es una molécula bifuncional que tiene dos grupos silano (Si-OH) en un extremo y grupos metacrilatos en el otro (C=C), el silano (metacril-oxipropil trimetoxil-silano) es el agente de unión comúnmente utilizado, debido a que la mayoría de las resinas compuestas comercialmente tienen relleno basado en sílice.⁶

El silano mejora las propiedades físicas y mecánicas de la resina, estableciendo una transferencia de tensiones de la matriz orgánica al relleno inorgánico, además previene la penetración de agua en la interfase Bis GMA / relleno inorgánico, promoviendo estabilidad hidrolítica en el interior de la resina.⁶

En esta imagen se observa que en presencia de agua, los grupos metoxi (-OCH₃) se hidrolizan a grupos silanol (-Si-OH) que se adhieren a otros grupos silanol de las superficies del relleno mediante una unión siloxano (-Si-O-Si)-. El silano forma uniones covalentes a la resina cuando se polimeriza y así se completa el proceso de conexión.⁷

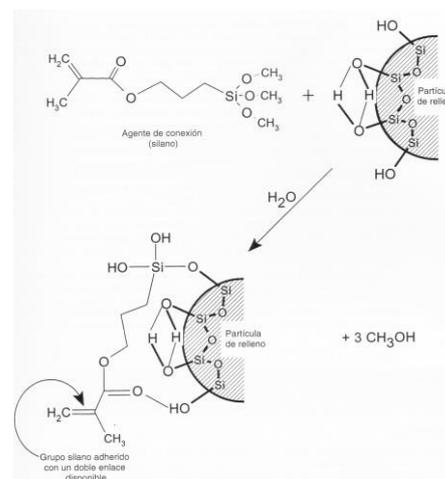


Figura no. 2 Tomado Phillips Ciencia de los materiales dentales. 11th ed. Madrid, España.: Saunders; 2004.



6.- Polimerización de las resinas compuestas.

El proceso de polimerización consiste en una serie de reacciones químicas, en las cuales se forma una macromolécula o polímero a partir de una gran cantidad de moléculas simples conocidas como monómeros y se da por enlaces covalentes. En las resinas dentales los procesos de polimerización se activan por tres fuentes de energía: calor, sustancias químicas o luz, lo cual será explicado más adelante en el proceso de inducción.⁷

6.1 Química de la polimerización.

La polimerización se puede efectuar por una reacción de adición o condensación, siendo la polimerización por adición la reacción de la cual son producto las resinas de mayor uso en procedimientos dentales.⁷

Polimerización por adición:

Se caracteriza por no tener cambios en la composición, ya que se repite muchas veces la estructura del monómero en el polímero.⁷

Esta reacción ocurre por un proceso en cadena, y requiere la presencia de dobles enlaces y una fuente de radicales libres, los cuales son un grupo de átomos que poseen un electrón impar en su último orbital. El proceso es instantáneo, las reacciones son exotérmicas, por esta razón se desprende una gran cantidad de calor y se lleva a cabo en 4 etapas.⁷

Inducción: En este período las moléculas del iniciador adquieren energía y la transfieren a las moléculas del monómero, esta etapa está controlada por dos procesos activación e iniciación.

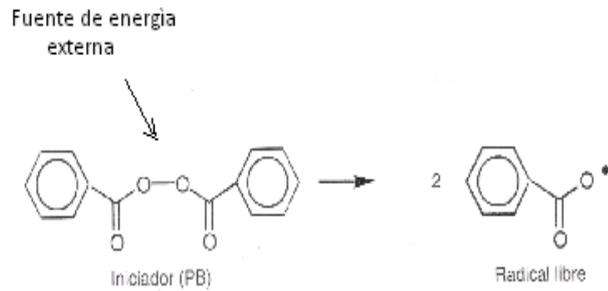


Figura no. 3 Tomada de Phillips Ciencia de los materiales dentales. 11th ed. Madrid, España.: Saunders; 2004.

En la imagen se observa la activación que ocurre cuando se generan radicales libres al aplicarle calor, una sustancia química o luz.⁷

De esta forma el radical libre y el electrón impar se acercan a un monómero que contiene un doble enlace y alta densidad de electrones, se extrae un electrón de este último y se empareja con el electrón impar del radical libre; esto da como resultado que el radical libre original se enlace con un extremo del monómero formando un radical libre nuevo en el otro extremo, a este proceso se le conoce como *iniciación de la reacción*.⁷

En la siguiente imagen se muestra como el radical libre se acerca al monómero de etileno que contiene un doble enlace y alta densidad de electrones, dando como resultado un radical libre nuevo en el otro extremo.⁷

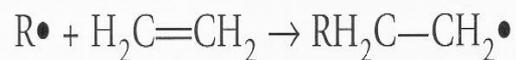


Figura no. 4 Tomada de Phillips Ciencia de los materiales dentales. 11th ed. Madrid, España.: Saunders; 2004.

En la siguiente imagen se ilustra el proceso de iniciación de la molécula de metilmetacrilato, se observa que a medida que el electrón no pareado del radical libre se acerca a la molécula de metilmetacrilato (A y B), uno de los electrones del doble enlace se ve atraído por el radical libre, formando un par de electrones y un enlace covalente entre el radical libre y la molécula de monómero (C), convirtiendo el electrón no pareado a la nueva molécula en un radical libre (D).⁷

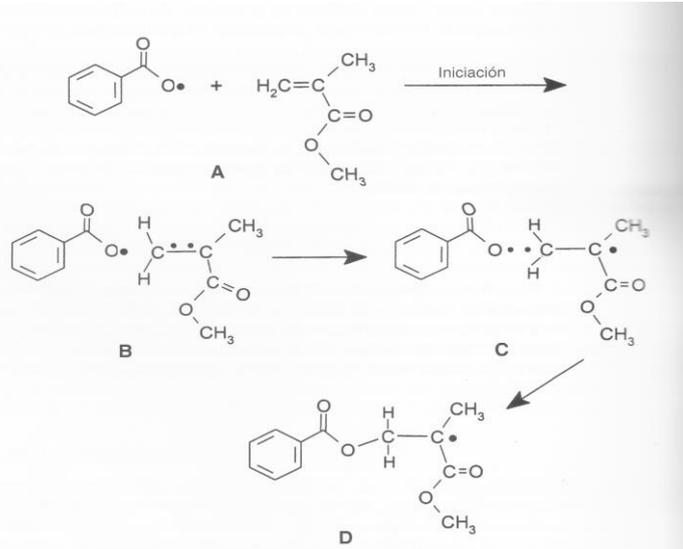


Figura no. 5 Tomada de Phillips Ciencia de los materiales dentales. 11th ed. Madrid, España.: Saunders; 2004.

Así bien la *inducción* es el período en el cual las moléculas del iniciador se rompen y se energizan para formar radicales libres, los cuales reaccionan con las moléculas del monómero para iniciar el crecimiento en cadena.⁷

Propagación: Como se ilustra en la siguiente imagen, el complejo monómero-radical que resulta del período de inducción, actúa como un nuevo centro de radicales libres, a la cual se le pueden añadir sucesivamente un gran número de moléculas de etileno, formándose polímeros muy grandes en pocos segundos.⁷

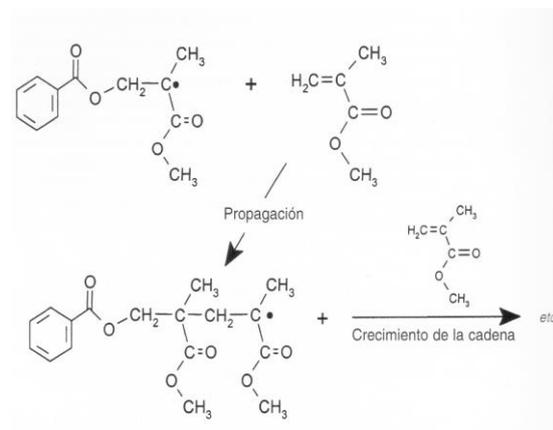


Figura no. 6 Tomada de Phillips Ciencia de los materiales dentales. 11th ed. Madrid, España.: Saunders; 2004.

Transferencia de cadena: El radical libre se acerca a la molécula de metilmetacrilato, donándole un átomo de hidrógeno y provocando que el radical libre forme un doble enlace y se haga no reactivo.⁷

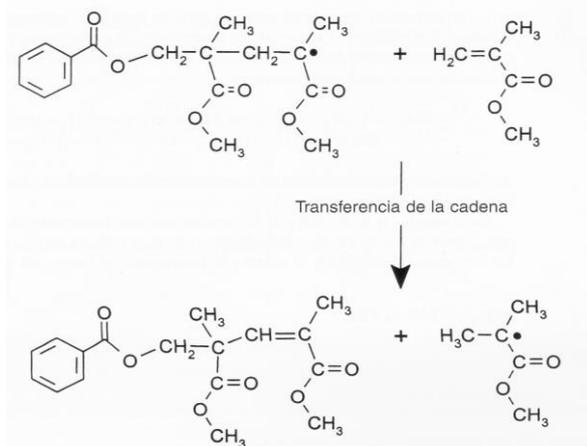


Figura no. 7 Tomada de Phillips Ciencia de los materiales dentales. 11th ed. Madrid, España.: Saunders; 2004.

Terminación: La terminación de la cadena puede ocurrir cuando dos radicales libres forman un doble enlace dando fin al crecimiento en cadena.⁷

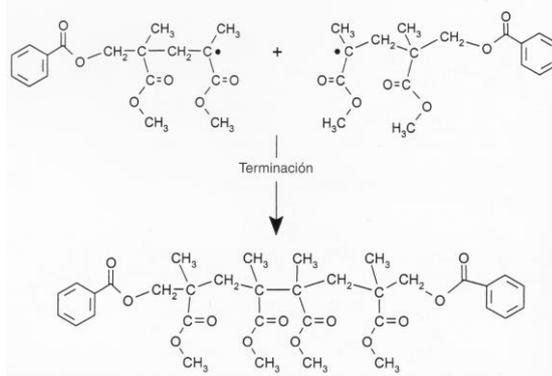


Figura no. 8 Tomada de Phillips Ciencia de los materiales dentales. 11th ed. Madrid, España.: Saunders; 2004.

6.2 Grado de conversión.

El grado de conversión *indica el porcentaje de enlaces dobles que se convierten en enlaces simples durante el proceso de polimerización.* Conforme aumenta el grado de conversión, aumenta la dureza, resistencia al desgaste entre otras propiedades de las resinas compuestas.⁷



La conversión de monómero a polímero depende de varios factores, como la composición de la resina, transmisión de la luz a través del material y la concentración del iniciador e inhibidor.⁷

El grado de conversión no varía entre las resinas compuestas químico o fotopolimerizables, ya que contienen la misma formulación de monómero, en ambos sistemas de fraguado y a temperatura ambiente el grado de conversión alcanza un valor entre el 50 al 70%, por esta razón en ambas resinas la contracción por polimerización es prácticamente igual, sin embargo en las resinas fotopolimerizables la contracción genera una mayor tensión, por consiguiente una mayor filtración en los márgenes de las resinas, generándose así sensibilidad, tinción y caries secundaria.⁷

6.3 Estrés asociado a la contracción por polimerización.

El estrés por contracción se define como *la cantidad de fuerza o tensión que se genera en la resina cuando se contrae*. En el proceso de polimerización, cuando se está alcanzando el punto gel y la resina empieza adquirir rigidez, el estrés de contracción o la fuerza que atrae la resina desde las paredes de la dentina, aumenta en la interfase de unión dentina-resina, de esta forma la resina continúa contrayéndose y el estrés aumenta en la fase post-gel. Si el estrés sobrepasa la fuerza del adhesivo, la unión dentina-resina se verá afectada formándose una grieta y por consiguiente habrá microfiltración.⁸

Como se mencionó anteriormente el estrés resultante de la contracción por polimerización induce fuerzas de tracción sobre las paredes laterales y en el piso de la preparación cavitaria, produciendo hendiduras por la



dislocación de los materiales restauradores o protectores, causando filtración y pigmentación marginal, sensibilidad postoperatoria y caries recurrente, así como daño a los protectores pulpares.³

Es importante considerar la tensión o el estrés de la contracción por polimerización, debido a que las resinas con alta incorporación de relleno acaban contrayendo menos, pero causan mayor estrés de contracción lo que propicia mayor filtración, por ser demasiado rígidas.⁶

La contracción volumétrica que sufre la resina compuesta durante el curado junto con el estrés de polimerización producen fallos cohesivos y adhesivos, que aunado al grado de conversión monómero-polímero provocan el fracaso de las restauraciones con resinas compuestas.⁵

6.4 Relajación del estrés.

El estrés del complejo diente-adhesivo-material restaurador puede llegar a relajarse, esto debido a la expansión higroscópica del material que ocurre cuando el material absorbe agua de su entorno; este proceso es lento y actúa después de la contracción por polimerización. La tasa de relajación por absorción acuosa depende principalmente del tipo de resina, el tipo de adhesión matriz-relleno, el grado de polimerización de la resina y de su accesibilidad al agua.⁹

6.5 Factor C.

Al polimerizar una resina ésta trata de contraerse, sin embargo como supuestamente se encuentra adherida a las paredes cavitarias, no puede y busca una vía de escape de las tensiones, siendo ésta una superficie libre de la restauración.¹⁰

Debido a esto se genera un problema el cual consiste en que las cavidades al tener más de una pared, cada una ejerce una fuerza hacia su lado, generándose así tensiones donde la pared que tiene un bajo valor de adhesión se despegará de la restauración.¹⁰

Así es como surge el concepto de Factor de Configuración Cavitaria, conocido también como Factor C, el cual se define como *el número de superficies adheridas y no adheridas en una cavidad preparada*, para obtener el valor de dicho factor se utiliza la fórmula que se ilustra en la imagen.¹¹

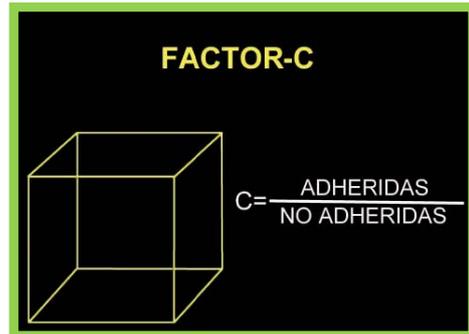


Figura no. 9 Tomada de José de Jesús Cedillo Valencia, Factor C en operatoria dental, ADM 2010; (67) 2



Figura no. 10 Tomada de José de Jesús Cedillo Valencia, Factor C en operatoria dental, ADM 2010; (67) 2

Siempre es importante colocar la resina con un Factor C de 0.5. con esto existirá menos tensión al contraerse la resina cuando se polimeriza, dicho factor se puede obtener en una cavidad clase IV tal y como se muestra en la imagen.¹¹

También es importante tomar en cuenta que al colocar la resina en dos paredes ésta se contrae hacia las mismas.

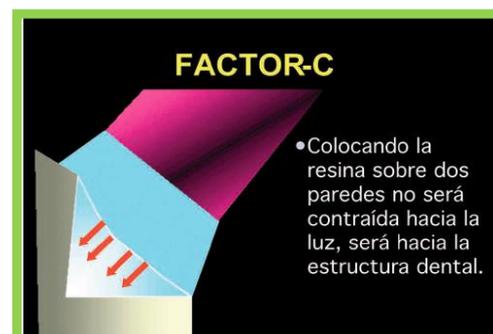


Figura no. 11 Tomada de José de Jesús Cedillo Valencia, Factor C en operatoria dental, ADM 2010; (67) 2



El tener un factor C de 0.5 disminuye el riesgo de sensibilidad posoperatoria, microfiltración, y tendencia a caries, por lo tanto a mayor factor C, mayores riesgos de desadaptaciones marginales.

6.6 Lámparas de fotopolimerización.

La lámpara de fotopolimerización es esencial para activar a los iniciadores de las resinas compuestas fotopolimerizables cuando son colocadas directamente y así poder iniciar su polimerización. Para obtener buenos resultados en la fotopolimerización de las resinas, se deben considerar 3 factores y adecuarlos en el proceso clínico: intensidad, tiempo y velocidad.²

También es importante considerar algunos factores que tienen impacto en su efecto por la luz, tales como: características de absorción de luz del fotoiniciador, emisión en longitud de onda de la fuente de luz, intensidad de la luz, eficiencia del iniciador, tiempo de exposición, grosor del material a polimerizar, viscosidad de la resina y los factores que afectan a la polimerización como el tipo de relleno, la efectividad de transmisión de luz, limpieza de las puntas, distancia de la punta a la lámpara, calidad de la luz y su intensidad.²

La luz requiere de una intensidad que puede ser variable y cuya acción depende del tiempo de exposición para hacer que los fotones lleguen a todas las zonas de la resina, aportando fotones para generar una reacción química y así generar la polimerización.²

En la actualidad existen 4 sistemas de luz más utilizados para el curado de las resinas fotopolimerizables. Cabe mencionar que el primer sistema que se utilizó fue el de luz ultravioleta en 1970, la principal ventaja era que se podía efectuar un curado más rápido en un tiempo indefinido de

trabajo, sin embargo presentaba características desfavorables ya que tenía poca profundidad de curado, provocaba daño a la retina y a la piel, y la lámpara necesitaba ser calentada antes de utilizarla. ¹²

De esta forma este sistema fue reemplazado años después por los sistemas de luz visible: ¹²

- 1.- Luz halógena de cuarzo- tungsteno (QHT)
2. - Plasma ARC (PAC).
3. - LED
4. - Láser.

| Tipo de unidad | Características principales | Limitaciones |
|--|---|--|
| Luz Ultravioleta | Actúa sobre fotoiniciadores activables en longitudes de onda inferiores a 400 nm | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rango de longitud de onda estrecho ▪ Especificidad para materiales ▪ Cambio prematuro de color ▪ Riesgo de alteración celular |
| Luz halógena | Longitud de onda compatible con un amplio número de fotoiniciadores | Duración limitada de los Bombillos a 40-50 horas |
| Laser de Argón | Altas intensidades Tiempos de polimerización cortos | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Especificidad en los materiales ▪ Mayor generación colateral de calor |
| Arco de plasma | Tiempos cortos de polimerización | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Menor eficiencia en las propiedades mecánicas de los materiales ▪ Alta generación de calor colateral |
| Unidades LED de primera generación | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Luz fría ▪ Limitado rango de longitud de onda ▪ Mayor duración de los LED (100 horas) | Inadecuada polimerización de materiales con fotoiniciadores específicos como las lucerinas |
| Unidades de LED de segunda generación multionda o poliwave | Intensidades superiores a 800mW/cm ² Posibilidad de interacción con diferentes fotoiniciadores | No se conocen |

Figura no. 12 Ventajas y desventajas de los sistemas de fotopolimerización, tomada de Norberto Calvo , Unidades y protocolos de fotocurado , Academia Colombiana de Operatoria Dental Estética y Biomateriales / Boletín científico 2010; (2).

1.- Las lámparas de luz halógena están constituidas por un bulbo, que es una ampolla con filamento de tungsteno en una atmósfera de gas

halógeno el cual emite luz visible con una salida en un rango de 400/500 nm, también cuentan con una fibra óptica rígida encargada de transmitir el haz de luz al extremo activo, dicha varilla de fibra debe estar cristalina y transparente, ya que si en esta se observan puntos negros es indicación de presencia de restos de resina en el extremo activo.⁴

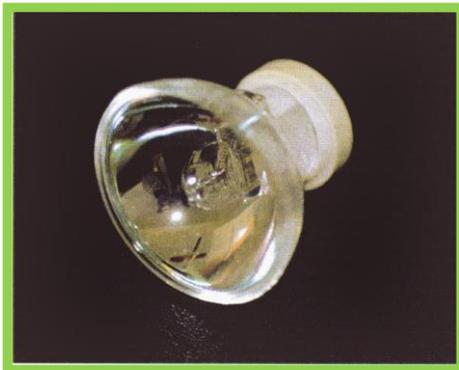


Figura no. 13 Se ilustra el bulbo de la lámpara de luz halógena, que consta de una ampolla con filamento de tungsteno en un atmósfera de gas halógeno. Tomada de Norberto Calvo, ACODEB Boletín científico 2010; (2).

Figura no. 14 En la imagen se observan diferentes tipos de fibras ópticas, encargadas de transmitir el haz de luz por medio de su extremo activo. Tomada de Norberto Calvo, ACODEB Boletín científico 2010; (2).

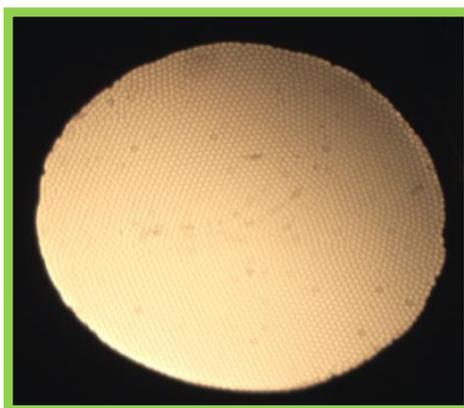
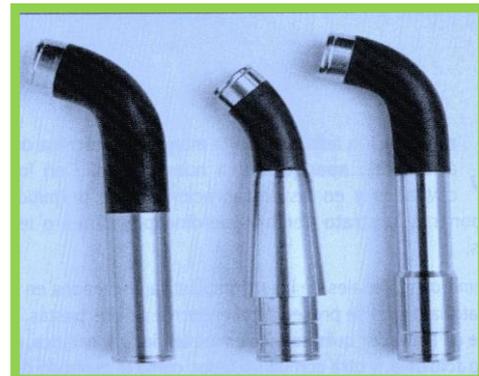


Figura no.15 La imagen muestra el aspecto de una punta de 8mm lograda por transiluminación en la cual se observa la forma de panal del conjunto de fibrillas ópticas, se observan puntos negros lo que indica que dicha punta está sucia lo cual impide la transmisión de luz de algunas de estas fibrillas. Tomada de Norberto Calvo, ACODEB Boletín científico 2010; (2).

Otro componente es el filtro, el cual selecciona las radiaciones lumínicas en el rango de la luz azul y permite dar una mayor profundidad de curado

por lo tanto presenta la capacidad de polimerizar resinas compuestas que utilizan fotoiniciadores distintos a la camforoquinona, por ende si este se quiebra se altera dicho rango aumentando la temperatura y el curado se vería afectado en cuanto a profundidad, también cuenta con un ventilador el cual regula la temperatura generada en el interior de la lámpara, si existe algún ruido o alteración en éste, lo mejor es un recambio, de otra forma el bulbo se vería afectado y por último una pequeña pantalla de protección ocular, incluida en algunos equipos. ⁴



Figura no. 16 Se observa el filtro de la lámpara de luz halógena, el cual selecciona las radiaciones lumínicas en el rango de la luz azul. Tomada de <http://www.blanqueamientodental.com/secciones/articulos/cientificos-todo.php?cientifico=27>

Este sistema de luz presenta características favorables tales como: el tener un tiempo de trabajo infinito con la misma intensidad, una energía eficiente, baja posibilidad de causar un daño al paciente. ¹³

Su penetración es de 3mm, por esto se recomienda utilizar la técnica de incrementos cuando se va a restaurar una cavidad muy extensa o profunda. Sin embargo también ha demostrado desventajas ya que genera altas temperaturas, con el paso del tiempo sus focos, reflectores y filtros se degradan fácilmente, además que los ventiladores que contiene acumulan polvo y basura lo cual provoca que su calidad de enfriamiento sea limitada; también existe la posibilidad de causar lesiones en los ojos principalmente quemaduras en la retina, por esto se recomienda el uso de



micas color anaranjado, para impedir el paso de la luz en ese espectro y así proteger al paciente y al personal del consultorio dental. ¹²

Hoy en día la lámpara de luz halógena es lo suficientemente fría para requerir solo de un cordón eléctrico a la base que genera la energía, esto gracias a los bulbos que ahora son de menor tamaño. El tiempo de trabajo de las resinas compuestas curadas con luz visible, dependerá de la luz ambiente, la luz artificial del cubículo y la luz de la unidad dental a la cual se verá expuesta, así como de la cantidad de acelerador que el fabricante coloque. ¹²

2.- El sistema arco de plasma PAC (pulse arc curing) emite luz en un rango de 380-520 nm, con una potencia superior a los 1 000 mW/cm², la luz que se genera es a través de dos electrodos de tungsteno que se encuentran separados por un pequeño espacio, generándose una descarga de alto voltaje y produciendo una chispa la cual ioniza el ambiente gaseoso de Xenón, creando un gas conocido como plasma. ^{4, 12}

Esta lámpara disminuye el tiempo de exposición de las lámparas halógenas, sin embargo se ha comprobado que no todas las resinas son sensibles a este sistema y debido a que genera altas temperaturas y por ende aumenta la temperatura intrapulpar, por su alto costo, por ser un equipo de gran tamaño y debido a que puede ocasionar daños en las mucosas y la piel por la luz UV se ha dejado de utilizar en el medio odontológico. ^{4, 12}

3.- El sistema de polimerización por láser (argón) por sus iniciales en inglés que quiere decir Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, este sistema contiene solo una longitud de onda, la luz láser es

creada al alimentar energía dentro de un líquido, sólido o gas y conforme la sustancia toma la energía los átomos comienzan a desprender luz en

una longitud de onda en particular cuando esta luz de un átomo pega en sus átomos vecinos, más luz se desprende en forma de cadena y continúa hasta que muchos átomos emiten luz al mismo tiempo.¹²

Estas lámparas producen luz en un espectro de 488 nm, su principal ventaja es su baja producción de rayos infrarrojos, por lo tanto genera menos calor en los tejidos dentarios, por otro lado este sistema no puede ser tan efectivo en materiales que no contengan camforoquinona.¹²

4.-El sistema LED (Light Emithing Diode) se refiere a Diodos Emisores de Luz, apareció a finales del siglo XX. Este sistema es una combinación de dos semiconductores, que al aplicarles un voltaje los electrones se conectan, y producen luz la cual se encuentra en el rango de espectro de 440-490 nm con un promedio de 460 nm, (con una potencia entre 1000-1400 mW/cm²) esta longitud de onda es efectiva para polimerizar resinas compuestas con camforoquinona, la cual absorbe energía en un espectro de luz visible entre 400-500 nm, con un promedio ideal de 468 nm, por lo tanto coincide con el espectro emitido por las lámparas LED, sin embargo este sistema no es efectivo en resinas que no contengan este iniciador, como en el caso de la lucerina o fenil-propanodiona ya que su espectro de absorción de longitud de onda es menor.^{4, 12}



Figura no. 17 Se observan los semiconductores de una lámpara LED de segunda generación los cuales al aplicarles un voltaje los electrones se conectan y producen luz en el rango de espectro de 440- 490nm. Tomada de Norberto Calvo, Unidades y protocolos de fotocurado, Academia Colombiana de Operatoria Dental Estética y Biomateriales / Boletín científico 2010; (2)

En este sistema se desarrollaron 3 generaciones, la primera generación funcionaba con baja potencia 400 mW/cm^2 , por lo cual su desempeño era limitado, después surgieron las de segunda generación con una mayor potencia que alcanzaba los 900 mW/cm^2 sin embargo esto generaba un incremento de calor; por esta razón los fabricantes un ventilador interno para su refrigeración, actualmente se cuenta con lámparas LED de tercera generación con una potencia de 1100 mW / cm^2 que permiten una polimerización más rápida, sin embargo se debe de seguir el protocolo de fotocurado aplicando intensidad mínima al inicio de la polimerización con el método de soft start (el cual será explicado más adelante), debido a que si se polimeriza inicialmente con una intensidad máxima se generará mayor contracción por polimerización.^{4, 12}



Figura no. 18 Se observa una lámpara LED Bluephase de segunda generación desarrollada por Ivoclar Vivadent .Tomada de Norberto Calvo, Unidades y protocolos de fotocurado, Academia Colombiana de Operación Dental Estética y Biomateriales / Boletín científico 2010; (2)

Dentro las ventajas que presenta este sistema se encuentran: el no generar calor, requieren de un bajo voltaje, se alimentan mediante una batería, son silenciosos debido a que no requieren de ventilador para su enfriamiento, no requiere de filtros y su degradación es lenta con el paso del tiempo.^{12,14} Pese a sus características favorables también ha demostrado tener desventajas ya que debido a su alta potencia, producen una activación muy brusca generando tensiones que pueden afectar la calidad de sellado marginal de la restauración, además de ser poco efectivas en polimerizar tonos oscuros. ¹



7.- Efectos de la contracción por polimerización.

Como se mencionó anteriormente durante el proceso de polimerización, se desarrollan varios factores que contribuyen a la formación de hendiduras o grietas que causan microfiltración, pigmentación, sensibilidad posoperatoria y reincidencia de caries, por ende el fracaso de las restauraciones de resina compuesta.

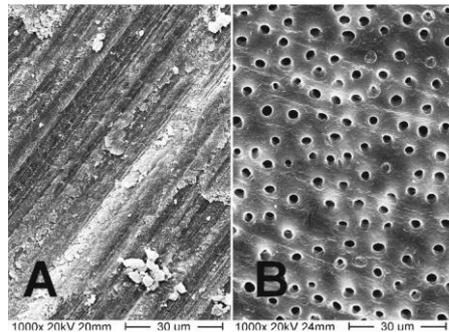
7.1 Cambio de coloración.

Las restauraciones con resina compuesta poseen una propiedad muy importante; el color cuya selección puede ser simple o compleja dependiendo del tipo de material que se utiliza y la situación clínica del diente a restaurar.

Al colocar resina compuesta en un diente, uno de los objetivos a alcanzar es que el color se mantenga con el paso del tiempo, para que la resina sea imperceptible, pero esto no sucede debido a que la cavidad bucal puede ser un ambiente desfavorable para el desarrollo de factores que afecten la restauración y propicien la decoloración marginal; algunos de estos factores pueden estar relacionados con el consumo de alimentos que pigmentan dicha restauración, sin embargo el factor primordial que propicia la decoloración dependerá de la tensión generada en la contracción por polimerización, esto debido a las fuerzas que se generan en las paredes de la cavidad al restaurarla con resina compuesta cuando esta pasa de su estado viscoso (fase pre-gel) y comienza adquirir rigidez (punto gel).

7.2. Sensibilidad posoperatoria.

La sensibilidad se genera por dos mecanismos, uno es la activación de fibras nerviosas localizadas en los túbulos dentinarios que al quedar expuestos al momento de realizar una cavidad, son más susceptibles a los cambios térmicos, y por otro lado la dinámica de la dentina que está expuesta.¹⁵



*Figura no.19 se observa capa de barrillo dentinario (A), (B) túbulos expuestos al eliminar esa capa.
<http://www.elsevier.es/es-revista-quintessence-9-articulo-principios-adhesion-tecnica-adhesiva-90168148>*

Sin embargo en la actualidad el hablar de sensibilidad posoperatoria se relaciona con microfiltraciones, producidas por pequeños espacios que quedan entre el material restaurador y las paredes de la cavidad, debido al estrés asociado a la contracción por polimerización, lo que provoca que el paso de fluidos y bacterias a través de los túbulos dentinarios irriten el tejido pulpar y ocasionen un dolor persistente e intenso síntoma de una hiperalgelsia, que si no es tratada puede provocar pulpitis irreversible e incluso necrosis pulpar.

Las restauraciones que pueden ser más propensas a la sensibilidad posoperatoria son las clases V, esto debido a su localización ya que se encuentra constantemente en contacto con el flujo salival, las cuales deben ser reemplazadas.

7.3. Microfiltración y caries secundaria.

En las restauraciones directas conseguir un sellado marginal en la interfase dentaria es un requisito importante, para prevenir la formación de caries secundaria, esto debido a la microfiltración marginal en la cual las bacterias y fluidos pasan entre las paredes de la cavidad y el material de restauración, la magnitud de la interfase entre el diente y la restauración va a depender de las propiedades físico químicas del material, la técnica utilizada por el operador, la calidad de los tejidos sobre los cuales se está trabajando pero sobre todo al estrés asociado a la contracción por polimerización ya que durante este proceso se generan fuerzas de tracción en las paredes laterales y el piso de la cavidad, produciendo la formación de una grieta y por lo tanto microfiltración. En un estudio se demostró que todas las resinas tienen un grado de contracción por polimerización, incluyendo las resinas compuestas de baja contracción por polimerización como las ormocerámicas y nanohíbridas, es decir que estos materiales a pesar de tener menor contracción no garantizan un mejor sellado con el paso de tiempo.^{13, 16}

Por esta razón también debe tomarse en cuenta el factor de configuración cavitaria, recordando que a mayores superficies no adheridas, mejor será el escurrimiento de las moléculas de la resina, y disminuirá el estrés por contracción de polimerización, evitando así la microfiltración, sensibilidad posoperatoria y cambio de color en el material restaurador.



Figura no. 20 (A) se aprecia la punta de un explorador romo que penetra a nivel de la interfase diente-material restaurador, evidenciando la presencia de una brecha marginal amplia. Figura no.21 (B) se observa la extensión de la brecha marginal hacia la superficie proximal distal del diente. Tomada de <http://www.actaodontologica.com/ediciones/2009/2/art24.asp>

8.- Métodos para contrarrestar la contracción por polimerización.

Para lograr éxito en una restauración con resina compuesta, es de gran importancia seguir los protocolos de colocación incluyendo los propios para el sistema adhesivo.

8.1 Técnica de colocación de las resinas compuestas por capas.

Cabe mencionar que en cavidades muy pequeñas se podrá realizar la colocación de resina en un solo bloque utilizando la técnica horizontal, mientras que cavidades medianas o muy extensas se tendrán que restaurar siguiendo la técnica incremental oblicua, para controlar y no aumentar los efectos del estrés asociado a la contracción por polimerización y debido también a que la luz de la lámpara de fotopolimerización no llega con la suficiente potencia para fotopolimerizar un bloque mayor a 2 mm. ⁴

Como se habló en capítulos anteriores mientras existan mayor número de superficies adheridas, mayor será el estrés por contracción de polimerización. Así pues una cavidad clase I tendrá un Factor C de 5, ya que las paredes adheridas son la mesial, distal, vestibular, palatina o lingual y el piso de la cavidad, por lo tanto solo tendrá la zona oclusal como superficie libre para que todas las tensiones generadas durante la contracción por polimerización puedan liberarse.

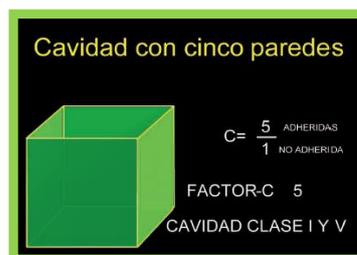


Figura no. 22 Se observa el Factor C de una cavidad clase I y V con un valor de 5. Tomada José de Jesús Cedillo Valencia, Factor C en operatoria dental, ADM 2010; (67)

Para restaurar una cavidad clase I se deberán seguir los pasos siguientes:

Después de realizar el diseño de la cavidad a restaurar, se procede a colocar el sistema adhesivo, se puede optar por la técnica de grabado total con ácido fosfórico al 37 % del esmalte y la dentina en un solo paso, se lava y seca la cavidad, y finalmente se coloca el primer y adhesivo, todos estos pasos se realizan respetando las indicaciones del fabricante dependiendo del sistema adhesivo que se utilice.⁴

En algunos artículos se menciona el uso de resina fluida como forro cavitario antes de colocar la resina compuesta, esto debido a las ventajas que presenta este tipo de resina tales como tener una fácil aplicación y manipulación lo que reduce la posibilidad de huecos en la interfase del diente y la restauración, en segundo lugar puede actuar como una capa intermedia flexible, ayudando a aliviar las tensiones durante la contracción por polimerización de la resina compuesta, contribuyendo así a la disipación de las tensiones de contracción durante la polimerización. Aunque se han hecho estudios acerca del uso de este tipo de resina, siguen existiendo controversias, por lo tanto el uso de este tipo de forro es elección del operador.¹⁷

Retomando la técnica incremental oblicua, se procede a colocar la resina compuesta como se observa en la imagen, restaurando cúspide por cúspide, colocando el primer incremento de 2mm desde el surco central hacia la cúspide distolingual.

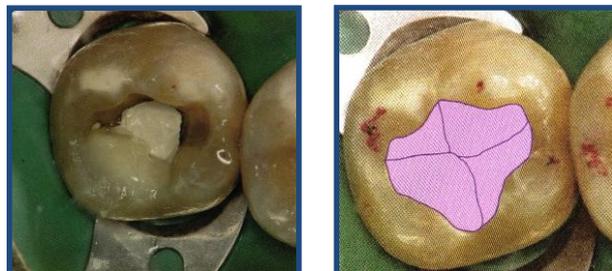


Figura no. 23 Tomada de Eduardo J. Lanata y col., Operatoria dental, 2 ed. Buenos Aires, Argentina Alfaomega; 2011

De esta manera cada incremento de resina está en contacto con 2 paredes, la mitad del piso de la cavidad y la pared distal, obteniendo así un Factor C de 0.5, por ende el material tendrá una amplia superficie para disipar las fuerzas generadas por el estrés de contracción por polimerización, se recomienda usar resina en compule para poder apoyar el aplicador en el piso de la cavidad, para facilitar la colocación y disminuir el riesgo de atrapar poros, ya que estos afectan a la resistencia mecánica de la resina cuando quedan en el interior de esta, por lo tanto si se encuentran en el margen cavosuperficial de la preparación propiciarán microfiltración marginal.^{4, 18}

Posteriormente se fotopolimerizará cada incremento tal y como se observa en la imagen, para esto nos cercioraremos de utilizar una lámpara con la suficiente potencia, ya que el curado influye en la resistencia al desgaste del material y la adhesión de la interfase con la pieza dentaria.⁴

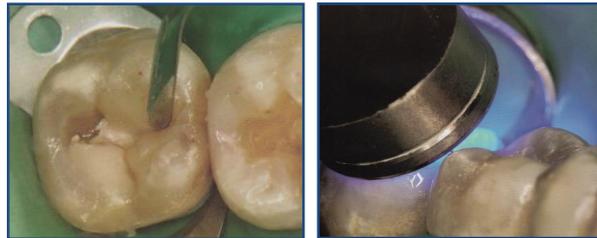


Figura no. 24 Tomada de Eduardo J. Lanata y col., *Operatoria dental*, 2 ed. Buenos Aires, Argentina: Alfaomega; 2011

Cuando se terminan de colocar los incrementos se realizan los ajustes finales, esto incluye el revisar puntos prematuros de contacto y pulir la resina.⁴



Figura no. 25. Tomada de Eduardo J. Lanata y col., *Operatoria dental*, 2 ed. Buenos Aires, Argentina: Alfaomega; 2011.

En el caso de cavidades clase II en posterior no tan profundas, tendremos un factor C igual a 2, las superficies adheridas serán la vestibular, palatina o lingual, pared axial, pared gingival, las superficies libres serán la zona oclusal y pared proximal.



Figura no. 26 Se muestra el valor del Factor C de una cavidad clase II el cual es igual a 2. Tomada de José de Jesús Cedillo Valencia, Factor C en operatoria dental, ADM 2010; (67) 2

De esta forma teniendo el diseño de la cavidad, se utilizan matrices precontorneadas, para facilitar la reconstrucción de la pared proximal, se introducen en el área interproximal con una cuña de madera, se procede a colocar el sistema adhesivo seleccionado, siguiendo las indicaciones del fabricante, y se fotopolimeriza. ⁴

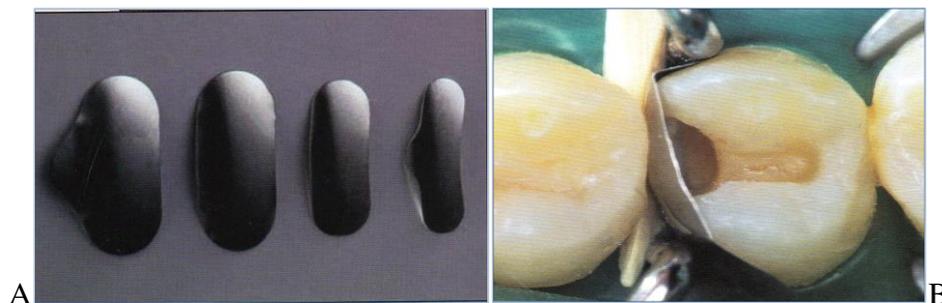


Figura no. 27 (A) Se ilustran las matrices precontorneadas que se utilizan para la zona interproximal. Figura no. 28 (B) Se observa el ajuste la matriz de metal con una cuña de madera. Tomadas de Eduardo J. Lanata y col., Operatoria dental, 2 ed. Buenos Aires, Argentina: Alfaomega; 2011

Posteriormente se coloca el primer incremento con técnica horizontal de 1mm de espesor en la pared gingival y se fotopolimeriza, en este caso se puede utilizar una punta cónica para la punta de la lámpara de fotopolimerización, con el fin de tener un mejor acceso en el área

interproximal,
posteriormente se
prosigue a colocar una
pequeña porción de resina
compuesta en contacto
con la matriz adaptándola
perfectamente a esta para
obtener un buen ajuste y
contorno de la pared proximal
se procede a fotopolimerizar
teniendo así la restauración
proximooclusal. ⁴

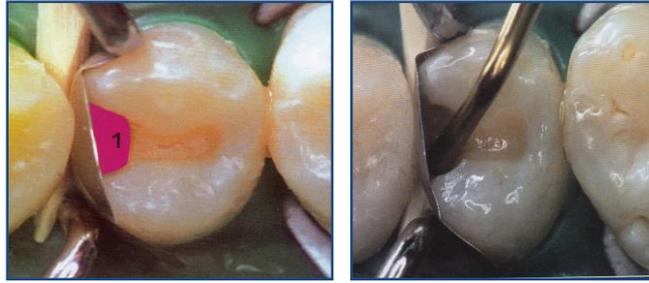


Figura no.29 Se observa la colocación del primer incremento en la zona interproximal, y la reconstrucción de la pared proximal con la matriz de metal precontorneada. Tomada de Eduardo J. Lanata y col., Operatoria dental, 2 ed. Buenos Aires, Argentina: Alfaomega; 2011

Posteriormentese retira la cuña y la matriz y se vuelve a fotopolimerizar por vestibular y lingual o palatino la pared proximooclusal como se muestra en la imagen, esto debido a la pérdida de irradiación de la luz de la lámpara por el uso de la matriz de metal. ^{4, 19}



Figura no. 30 Tomada de Eduardo J. Lanata y col., Operatoria dental, 2 ed. Buenos Aires, Argentina: Alfaomega; 2011

Finalmente se restaura la cara oclusal por la técnica incremental, y se fotopolimeriza, se puede utilizar el modo rampa o pulsátil, una vez terminada se debe observar la tronera proximal para verificar la forma en

interproximal, si es necesario se retiran excesos con el sistema de pulido y se realizan ajustes oclusales de ser necesario.⁴



Figura no. 31 Se ilustra la restauración en una cavidad clase II terminada, con ajustes finales que incluyen el revisar puntos prematuros de contacto y pulido. Tomada de Eduardo J. Lanata y col., Operatoria dental, 2 ed. Buenos Aires, Argentina: Alfaomega; 2011

De esta forma a medida que disminuye el Factor C, aumenta la resistencia de adhesión. El resultado final es que la restauración colocada de forma incremental se adhiere mejor a la pared de la cavidad.

8.2 Protocolos de fotopolimerización.

La energía empleada en el proceso de fotocurado se encuentra dentro del espectro de la luz visible, la cual es sensible al ojo humano y abarca una longitud de onda de 400-700 nm.

Las lámparas empleadas para fotopolimerizar una resina, requieren de una potencia que se define como trabajo sobre unidad de tiempo ($P = T/t$), cuya unidad de medida es el Watt ($W = \text{Joule/segundo}$). Por lo tanto la potencia mínima que se requiere para fotopolimerizar una resina será de 400 mW/cm^2 , por esta razón se debe tomar en cuenta que si aplicamos o utilizamos una lámpara que emita potencia inicial elevada dará origen a una rápida contracción por polimerización, porque no se liberaran las

tensiones que se producen en la resina, provocando fallas en la adhesión, por esta razón y con la problemática que presenta realizar polimerizaciones en bloque o de un único incremento, se propuso la técnica incremental seguida de una polimerización de intensidad variable es decir una intensidad baja durante los primeros 5 segundos seguida de una polimerización de mayor intensidad, destacando así la técnica de polimerización de inicio suave o "Soft Star".^{4, 20}

Existen diferentes modalidades de inicio suave entre las cuales se encuentra inicio suave-rampa, inicio suave-rampa intermitente, polimerización exponencial o logarítmica y polimerización en dos pasos o pulso retardado, las cuales tienen el objetivos tales como controlar un mayor estrés por contracción de polimerización al aumentar la fase pre gel de las resinas compuesta y disminuir la velocidad de la conversión de monómeros a polímeros.²⁰

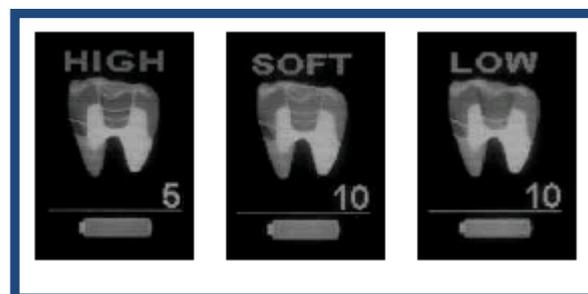


Figura no. 32 se ilustran los programas y tiempos de polimerización. Tomada de <http://www.ivoclarvivadent.com.mx/es-mx/bluephase-1-1>

Soft Start- Rampa

En esta modalidad de fotopolimerización se instaura una intensidad baja no mayor a 350 mW/cm^2 durante los primeros 5 segundos, seguida de la emisión de alta intensidad.²⁰



Soft Start y rampa intermitente.

En esta modalidad de inicio suave, se presenta una segunda etapa de polimerización con alta intensidad, producida de manera intermitente cada 3 segundos desde el inicio con baja intensidad.²⁰

Polimerización exponencial o logarítmica

En esta modalidad la intensidad asciende de forma gradual, durante el tiempo de exposición.²⁰

Dos pulsos o pulso retardado

Se realizan únicamente polimerizaciones de baja intensidad a cada uno de los incrementos y al final del procedimiento se genera una exposición de alta intensidad, una consecuencia de este método es que existe un mayor riesgo de subcurado en las capas profundas.²⁰

Dentro de los protocolos para una fotopolimerización adecuada se ha sugerido emplear lámparas que permitan fotopolimerizar con una baja intensidad durante los primeros segundos para prolongar la fase pre-gel y disminuir la contracción por polimerización, seguida de una polimerización a mayores intensidades y durante el tiempo adecuado para lograr una energía total recomendada.²⁰

Para restauraciones clases I y II se recomienda la fotopolimerización desde 3 puntos, es decir polimerizar cada incremento por la cara vestibular, lingual o palatina y oclusal, para minimizar consecuencias relacionadas al subcurado.⁴

El trabajo generado a partir de la absorción de la energía aplicada durante un tiempo determinado será el responsable de endurecer la resina compuesta, la unidad es el joule, por ende se necesitan 16 joules (energía de curado) para obtener el proceso de polimerización, producto de la potencia de la lámpara de fotopolimerización medida en Watts y el tiempo de aplicación en segundos de esta forma si tenemos una lámpara con una potencia de $400\text{mW}/\text{cm}^2$ se necesitaran 40 segundos de fotopolimerización para obtener 16 joules, si es de $800\text{ mW}/\text{cm}^2$ el tiempo será 20 segundos lo que equivale a 16 joules y si es de $1600\text{ mW}/\text{cm}^2$ se necesitaran de 10 segundos para fotopolimerizar la resina.⁴

Es por esto que debemos tener conocimiento acerca de la potencia de la lámpara que utilizaremos para fotopolimerizar una resina así como de darle mantenimiento ya que si descende su potencia de emisión de la luz, se tendrá que incrementar la exposición de tiempo para poder excitar a la camforoquinona y lograr que interactué con la amina terciaria para formar radicales libres.

Debemos tomar en cuenta también la opacidad y translucidez de la resina, pues cuanto mayor sea la opacidad mayor será el tiempo de exposición de luz y por último para conservar la efectividad del curado, el haz de luz se debe emitir a través de la fibra óptica en forma perpendicular a la superficie de la resina, la distancia que se tendrá de la punta de la lámpara a la resina debe ser de 5mm, algunos estudios han demostrado que mantener una distancia de 1cm disminuye el rendimiento de curado en un 50%.⁴



Figura no. 33 Se ilustra la posición de la lámpara respecto a la superficie de la resina la cual debe ser de 5mm. Tomada de <http://www.ivoclarvivadent.com.mx/es-mx/bluephase-1-1>



8.3 Ionómero de vidrio convencional de alta viscosidad usado en la técnica de sándwich cerrado.

El principal objetivo de esta técnica es reducir el Factor C, ya que se reduce el volumen de la cavidad y por ende existe menor estrés por contracción de polimerización.²¹

El ionómero de vidrio de alta densidad permite tiempos de trabajo menores ya que endurece más rápido, sin embargo tiene una mejor resistencia compresiva y al desgaste, solubilidad mínima manteniendo su activación química, biocompatibilidad, adhesión química al esmalte y dentina, así como liberación de fluoruros previniendo la formación de caries secundaria. De esta forma en la técnica de sándwich cerrado (propuesta por JW. Mclean y GJ. Mount) protege al complejo dentino-pulpar, usado como base en una capa mayor a 0.5mm.²²

Es importante conocer el acondicionamiento de la dentina previa al cemento de ionómero de vidrio (CIV), ya que esto incrementa su adhesión, dicho acondicionador es el ácido poliacrílico el cual es el componente principal del líquido del CIV, se aplica durante 5-15 segundos, se retira con lavado profuso y se retira el exceso de humedad, esto elimina el barrillo dentinario, aumentando la adhesión del cemento sin erosionar la superficie dentinaria, ya que se aumenta la energía superficial con lo que se mejora el mojado que favorece la adaptación del material. Sin embargo al tener una cavidad muy profunda se tendrá que prescindir de este acondicionamiento ya que el protocolo exige el uso de hidróxido de calcio.²²

El fraguado de los CIV está basado en una reacción ácido base, es decir la neutralización de ácidos hidrosolubles que se encuentran en el líquido del ionómero de vidrio, que al entrar en contacto con una base sólida pulverizada (hecha con vidrios de aluminio-silicato para formar una sal), se



desencadena un ataque del ácido descomponiendo las partículas de la base, entonces se comienzan a liberar iones de calcio, aluminio o flúor que al unirse con grupos carboxílicos del ácido formaran sales que van a componer cadenas y posteriormente se precipitaran, de esta forma durante los primeros 5 minutos hay un predominio de cadenas de calcio y la superficie se observa dura sin embargo las cadenas son frágiles e hidrosolubles, aproximadamente 24 horas después de haber mezclado el CIV predominaran cadenas de aluminio reforzando la matriz haciendo al CIV más resistente, insoluble y con excelentes propiedades físicas.²²

Por otro lado se ha demostrado que los CIV no son estables dimensionalmente esto debido a que expanden en condiciones muy húmedas y contraen en condiciones secas, por lo tanto un contacto prematuro o excesivo del ionómero de vidrio con agua causará una degradación superficial, los iones calcio se perderán de la matriz y por ende el cemento se debilitará, todo esto es imperceptible para el operador por esta razón es frecuente que durante la manipulación clínica el CIV sea sometido al contacto con agua antes de colocar la restauración de resina compuesta, una forma de darse cuenta que el ionómero de vidrio ha sido sometido a un exceso de agua es observar el aspecto blanco tiza que adquiere al ser secado, esto debido a la erosión a la que fue sometido, por lo tanto si el CIV es sometido al grabado con ácido fosfórico ocurrirá la situación negativa que fue descrita anteriormente.²²

Teniendo conocimiento de la reacción del CIV y de las maniobras que pueden afectar sus propiedades, se ha sugerido la técnica de sándwich cerrado. Esta técnica consiste en restaurar la cavidad profunda con el cemento de ionómero de vidrio en la primera cita y en la siguiente cita rebajar el ionómero, dejándolo como una base mayor a 0.5mm que permita el acceso de la resina, posteriormente colocamos el adhesivo directamente



sobre el ionómero de vidrio, aunque es bien sabido que el ionómero no posee adhesión específica, los sistemas adhesivos logran esta adhesión, no se debe grabar el ionómero de vidrio pues solo se socavaría y se agrietaría debilitando la superficie de este cemento, finalmente se coloca la resina con técnica incremental oblicua descrita anteriormente. ²²

8.4 Técnica indirecta de resina compuesta.

Las restauraciones indirectas de resina compuesta surgieron con la intención de mejorar el desempeño clínico de las resinas compuestas directas, reduciendo así las dificultades que se presentan durante el trabajo clínico en la cavidad bucal, son confeccionadas comúnmente por técnicos del laboratorio dental otro factor muy importante sobre el que se tiene control al realizar esta técnica será la contracción por polimerización, aumentando así el grado de conversión, además de mejorar la reconstrucción del punto de contacto proximal, adaptación de márgenes, caracterización y estructura anatómica, y tener un mayor control del acabado y pulido de forma más eficaz. ²³

Dentro de las indicaciones para las restauraciones indirectas encontramos el recubrir y reforzar cúspides, reconstruir dientes debilitados, en pacientes con fuerzas masticatorias favorables, en espacios interdentarios extensos y difíciles de reconstruir en forma directa, en cajas proximales profundas donde es difícil controlar la contracción y cuando la posición del diente no favorece la colocación de una matriz para insertar el material. ²⁴

Presentan algunas contraindicaciones como son; el no colocarlas en lesiones pequeñas o en lesiones muy extensas que requieren de una corona, en personas con hábitos parafuncionales es decir pacientes con bruxismo y en aquellos pacientes que tengan una mala higiene y dieta cariogénica, así como en oclusión desfavorable con los topes de céntrica en la restauración. Con esta técnica se logra que la contracción sea

menor y minimiza sus efectos, dado que al realizarse extraoralmente la polimerización de casi toda la restauración, la mayor parte de la contracción se produce antes de la inserción de esta restauración en la boca. ²⁴

Descritos los protocolos y técnicas para contrarrestar la contracción por polimerización. El protocolo clínico adecuado para colocar una resina compuesta que permita controlar el estrés asociado a la contracción por polimerización debe ser el siguiente:

Eliminar el tejido cariado con aislamiento absoluto, como se muestra en la imagen.



Figura no. 34 Tomada de Ionómeros de vidrio convencionales como base en la técnica de sándwich cerrado. Acta Odontológica Venezolana 2009; (47) 4

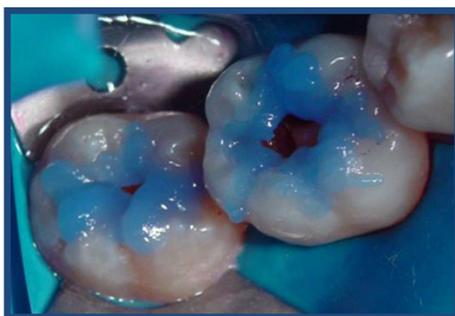


Figura. 35 Tomada de. Ionómeros de vidrio convencionales como base en la técnica de sándwich cerrado. Acta Odontológica Venezolana 2009; (47) 4

Acondicionamiento del esmalte y dentina, se puede optar por el acondicionamiento ácido selectivo y simultáneo el cual consiste en aplicar ácido poliacrílico en dentina y ácido fosfórico en esmalte por 15-20 segundos, se lava y seca.

Se coloca clorhexidina al 0.2 % para lavar nuevamente las cavidades, posteriormente se retira el exceso de humedad con bolitas de algodón y de esta forma la dentina esta lista para recibir a la base de ionómero de vidrio.



Figura no. 36 Tomada de Ionómeros de vidrio convencionales como base en la técnica de sándwich cerrado. Acta Odontológica Venezolana 2009; (47) 4

Se procede a colocar la base de ionómero de vidrio convencional de alta densidad de manera uniforme para obtener una base no mayor a 0.5mm. El hecho de utilizar ionómero de vidrio como base contribuye a reducir el Factor C propiciado que exista menor estrés por contracción de polimerización, ya que el volumen de la cavidad se reduce.



Figura no. 37 Tomada de Ionómeros de vidrio convencionales como base en la técnica de sándwich cerrado. Acta Odontológica Venezolana 2009; (47) 4

Aplicado el ionómero de vidrio tendremos que esperar 5 minutos y posteriormente colocar el adhesivo de un solo paso sobre la base y paredes de la cavidad, se fotopolimeriza el adhesivo el tiempo depende de acuerdo a las instrucciones del fabricante.



Figura no. 38 Tomada. Ionómeros de vidrio convencionales como base en la técnica de sándwich cerrado. Acta Odontológica Venezolana 2009; (47) 4

Procedemos a colocar la resina con la técnica incremental oblicua colocando el primer incremento de 2 mm en el caso de una cavidad clase I este tendrá que abarcar desde el surco central hacia la cúspide distolingual o cualquier otra cúspide, de esta manera cada incremento de resina estará en contacto con 2 paredes, la mitad del piso de la cavidad y la pared distal, obteniendo así un Factor C de 0.5, por ende el material tendrá una amplia superficie para que las fuerzas generadas por el estrés de contracción por polimerización se disipen.

Para fotopolimerizar cada incremento la punta de la fibra óptica deberá estar de forma perpendicular a la superficie de la resina a una distancia de 5mm como se muestra en la imagen, utilizando el modo soft start el cual emite una intensidad baja durante los primeros 5 segundos seguida de una polimerización de mayor intensidad, esto con el fin de alargar la fase pre-gel, y formar cadenas de polímeros más largas disminuyendo así la conversión de monómeros a polímeros y logrando contrarrestar la contracción por polimerización.



Figura no.39 Tomada de. Ionómeros de vidrio convencionales como base en la técnica de sándwich cerrado. Acta Odontológica Venezolana 2009; (47) 4

Finalmente se realizan los ajustes en cuanto a puntos prematuros de contacto y pulido de la resina.



9.- Conclusiones

Hoy en día la resina tiene un papel importante debido a su demanda como material estético restaurador de forma directa, sin embargo es importante controlar ciertos aspectos en cuanto a su técnica de colocación, dentro de estos está el que sea un tratamiento indicado, que se coloque bajo aislamiento absoluto, seguir la técnica incremental oblicua con incrementos no mayores a 2mm, una correcta fotopolimerización y tener conocimiento acerca de la relación del factor C con la cavidad que será restaurada.

A medida que disminuye el Factor C, aumenta la resistencia de adhesión y la restauración colocada de forma incremental se adhiere mejor a la pared de la cavidad.

Logrando un factor C de 0.5 se disminuirá el estrés asociado a la contracción por polimerización, evitando así que exista el riesgo de futura sensibilidad posoperatoria, microfiltración o caries secundaria.

Si aplicamos una lámpara que emita potencia inicial elevada dará origen a una rápida contracción por polimerización, porque no se liberaran las tensiones que se producen en la resina, provocando fallas en la adhesión.

Las técnicas de fotopolimerización gradual por el método Soft Start son capaces de reducir el estrés asociado a la contracción por polimerización, alargando la fase pre-gel y disminuyendo la conversión de monómeros a polímeros.

Se necesitan 16 joules (energía de curado) para obtener el proceso de polimerización.



Es importante considerar que las características de absorción de luz del fotoiniciador, eficiencia del iniciador, el tipo de relleno, grosor del material a polimerizar, viscosidad de la resina son factores que afectan a la polimerización.

Se debe tener concomitancia de la potencia de la lámpara que se utiliza y darle mantenimiento ya que si desciende la potencia, se tendrá que incrementar la exposición de tiempo para poder excitar a la camforoquinona y lograr que interactúe con la amina terciaria para formar radicales libres. Nos podemos auxiliar del uso de radiómetros digitales.

Cuanto mayor sea la opacidad mayor será el tiempo de exposición de luz.

Para conservar la efectividad del curado, el haz de luz se debe emitir a través de la fibra óptica en forma perpendicular a la superficie de la resina.

La distancia que se tendrá de la punta de la lámpara a la resina debe ser de 5mm, una distancia de 1cm disminuye el rendimiento de curado en un 50%.

Las técnicas indirectas son una buena alternativa, siendo menos invasivas, optimizando tiempos de trabajo y sobre todo logrando que la contracción por polimerización se reduzca debido a que todo este proceso se desarrolla antes de su inserción en la cavidad.



Siguiendo el protocolo clínico adecuado y teniendo en cuenta la relación que tiene cada paso con la contracción por polimerización en las resinas compuestas, se logra disminuir dicho efecto y se logra obtener una restauración estética, duradera y funcional sin que existan efectos derivados de la contracción como microfiltración, cambio de color de la restauración, caries secundaria y sensibilidad posoperatoria.



10.-Bibliografía

1. Ceja I., Espinosa R., Mariscal E., Valencia R., Evaluación de la integridad marginal de las resinas compuestas a base de metacrilatos y siloranos, RODYB ; 2013 , 2 , pág. 1-11.
2. Carlos C. , Monserrat M., Materiales de resinas compuestas y su polimerización, ADM ;2009, 65, pág. 10-17 .
3. Nielli C., Víctor G., Brenda L., Alexandre H., Influencia de la fotopolimerización gradual en el estrés de contracción en restauraciones de resina compuesta, Acta odontológica venezolana; 2008, 46, pág. 1-5.
4. Eduardo J. Lanata y col., Operatoria dental, 2 ed. Buenos Aires, Argentina : Alfaomega ;2011.
5. Adela H., Miguel M., José C., Amaya b., Pablo F., Resinas compuestas de los materiales e indicaciones clínicas, Med Oral Patol Oral Cir bucal; 2006, 11, pág. 215-220.
6. Rodríguez D., Pereira N. Evolución y tendencias actuales en Resinas Compuestas. Acta Odontológica Venezolana 2008; (46) 3:1,
7. Anusavice KJ, Phillips RW. Phillips Ciencia de los materiales dentales. 11ed. Madrid España: Saunders; 2004.
8. Romer R., Otto H., Douglas R., Julio S., Estrés de contracción de las resinas compuestas. ODOUS científica. URL disponible en: <http://servicio.bc.uc.edu.ve/odontologia/revista/v3n2/3-2-4.pdf>.
9. Macorra García, Polymerization contraction of composite resin restorative materials. Odontología conservadora; 1999, 2, pág.1, 27.
10. Bertoldi A. Odontología restauradora y salud pulpar. Red Dental. Buenos Aires; 2008. URL disponible en: <http://www.red-dental.com/ot003101.htm>.
11. José de Jesús Cedillo Valencia, Factor C en operatoria dental, ADM; 2010, 67, pág. 83-84.
12. Carlos S., Montserrat M., Métodos de activación de la fotopolimerización ADM; 2009, 65 pág. 18-26.



13. Martha E., Liliana T., Waldo E., Gloria Z. , Sellado marginal de obturaciones de resina compuesta fotoactivadas con luz LED y luz halógena. *Odontología SANMAQUIRNA*; 2012, 15, pág.19-23.
14. Eduardo Julio Lanata y col. *Atlas de operatoria dental*, Buenos Aires Argentina: Alfaomega; 2008 pág.185- 190.
15. Stephen Cohen, *Vías de la pulpa*, Elsevier Division, 8ª ed., 2002.
16. Roberto R., V.J.Setién, N. G. Orellana, C. Garcia *Microfiltración en cavidades clase II restauradas con resinas compuestas de baja contracción*, *Acta odontológica venezolana* ; 2009 ,47, pág. 1 , 2-5
17. Radhika M., Girija S., *Effect of different placement techniques on marginal microleakage of deep class-II cavities restored with two composite resin formaulations*. *Jour Conser Dent* ;2010,13, pág. 1, 9
18. Cesar Lamas Lara, Giselle Angulo Vega, *Aesthetic restorations in posterior dental pieces using oblique incremental technique and fifth-generation adhesives*, *IN CRESCENDO*; 2013,4, pág.2 ,349-356.
19. Thomas J., Jack. F., James C., *Fundamentals of operative dentistry*, 4ta ed. China: Quintessence books 2013.
20. Norberto Calvo, *Unidades y protocolos de fotocurado* , Academia Colombiana de Operatoria Dental Estética y Biomateriales / *Boletín científico* ;2010,2, pág. 1-9.
21. José de Jesús Cedillo Valencia, *Ionómero de vidrio de alta densidad como base en la técnica restauradora de Sándwich*, *ADM*;2010, 58, pág. 2 .
22. Rony Hidalgo L., Mauricio Méndez R. *Ionómeros de vidrio covencionales como base en la técnica de sándwich cerrado: su optimización mediante la técnica de acondicionamiento acido simultaneo y slectivo*. *Acta Odontológica Venezolana*; 2009,47, pág. 2-8.
23. María Raquel Fernández y col. *Restauración Semidirecta de resina compuesta: una alternativa para dientes posteriores-reporte de un caso clínico*, *Acta Odontológica Venezolana*; 2010,48, pág. 3.
24. José de Jesús Cedillo Valencia, *Restauraciones indirectas en una sola visita. Reporte de un caso clínico*. *ADM*; 2013, 70, pág.329-338.