

Unidades de polimerización

Conservadora. Cariología.
Diente endodonciado



tech

CONTENIDO

1. Objetivos.

2. Influencia de las lámparas. Medición objetiva.

Polimerización: concepto, mecanismos, fenómenos y proceso.
Historia. Evolución e influencia de las lámparas de polimerización.

3. Perspectivas restauradoras y prostodónticas.

Factor C (factor de configuración cavitaria) y proceso de contracción.
Fotoactivación.

4. Resumen.

5. Bibliografía.

OBJETIVOS

- Recordar el concepto de polimerización, así como sus fases.
- Conocer la evolución de las lámparas de polimerizar.
- Conocer la función y objetivos del proceso de polimerización, a nivel restaurador y prostodóntico.

INFLUENCIA DE LAS LÁMPARAS. MEDICIÓN OBJETIVA

POLIMERIZACIÓN: CONCEPTO, MECANISMOS, FENÓMENOS Y PROCESO

Antes de comenzar a explicar el desarrollo y la evolución de las lámparas empleadas para fotopolimerizar, es importante mencionar dicho concepto. En concreto, la "polimerización" es una reacción química, donde los monómeros se unen entre sí por medio de enlaces covalentes formando un polímero de cadenas cruzadas.^{1,2}

Dentro de los mecanismos de polimerización de monómeros se puede distinguir varias clasificaciones, una de ellas establece los siguientes: por condensación (reaccionan moléculas distintas formando subproductos de bajo peso molecular, que permanecen al margen de la molécula de polímero), por apertura de anillos (se forma a partir de una molécula con dos radicales epóxicos, además de la molécula de polímero, pero sin la producción de subproductos), y por adición (se da en sustancias con moléculas no saturadas, obteniéndose el polímero sin subproductos ni por medio de la apertura de anillos).^{1,2}

La literatura indica que pueden observarse dos fenómenos en dicho proceso de polimerización. Por un lado, un cambio de mayor (monómero) a menor (polímero) energía. El otro fenómeno, es la distancia a la que se encuentran las moléculas, pasando de una unión secundaria a una covalente (donde la distancia es mucho menor), ocupando menos espacio el polímero que el monómero generándose así, un proceso de contracción.¹

Con respecto al proceso de polimerización, es complejo y se basa en la formación de una red polimérica. Durante el cual, los estudios indican que las resinas compuestas sufren diversas etapas: fase pre-gel (en este momento la contracción que se genera no se transfiere a la interfaz de unión), punto gel (la resina pasa de estado fluido a sólido, y se comienza a transferir dicha contracción), fase post-gel (se aumenta la rigidez del material y la fuerza de contracción se transfiere totalmente a la interfaz entre diente-resina).¹

Es importante saber que la potencia lumínica se refiere a la cantidad de fotones emitidos a la fuente, e intensidad lumínica o densidad de potencia hacen referencia a la cantidad de fotones emitidos, pero por superficie.¹

En Odontología, por lo tanto, los monómeros que se emplean son líquidos que se convierten en sólidos durante este proceso de polimerización.¹

HISTORIA. EVOLUCIÓN E INFLUENCIA DE LAS LÁMPARAS DE POLIMERIZACIÓN

En los años 70 con la aparición de las resinas compuestas fotopolimerizables surgieron las lámparas de fotocurado o fotopolimerización, dicho proceso es fundamental para el éxito del tratamiento con resinas entre otros factores. Un aspecto para mencionar es que, mientras que la fotopolimerización actúa mediante la transmisión de energía lumínica, la cual depende de la potencia lumínica y el tiempo de actuación para producir el proceso de adhesión (que se describirá en temas posteriores), las lámparas de fotocurado se basan en un proceso fotoquímico.³

Las lámparas comenzaron emitiendo luz de rayos ultravioleta no visibles, las cuales necesitaban mayor tiempo para conseguir el proceso de fotoactivación, además del riesgo de salud que podía conllevar a nivel ocular.³

Alrededor de los años 80 y 90 se emplearon las lámparas halógenas ($600\text{mW}/\text{cm}^2$), las cuales se basan en un filtro de 100nm de banda que dispara fotones entre 390 y los 530nm. Este sistema emite luz incandescente obtenida en un filamento de tungsteno confinado en un ambiente de cuarzo, que contiene gas de cloro o kriptón. Entre sus ventajas destaca el amplio espectro de emisión, además de un coste reducido.¹

Sin embargo, el problema que surgía con el empleo de dichas lámparas halógenas fue la necesidad de utilizar sistemas de ventilación como consecuencia de la gran cantidad de energía que se producía y no se usaba. Este mismo problema se unía a las elevadas temperaturas que se adquirirían con el desperdicio de energía, haciendo que la duración de dichos dispositivos se viera reducida, sumada a la degradación del productor de luz, el reflector (pérdida de reflexión del material o contaminación del mismo), y el filtro (se astillaba, reduciendo así la intensidad de luz). Otras de las desventajas son: la insuficiente desinfección de la superficie debido a los sistemas de entrada y salida del aire, no es útil para el tratamiento de blanqueamiento, pierde intensidad lumínica con el uso y no deben ser empleados durante periodos prolongados de tiempo.^{1,3}

A medida que avanzó el empleo de las resinas compuestas se pudo observar que una exposición elevada en el proceso de polimerización llevaba a una microfiltración marginal y sensibilidad postoperatoria. Ante este aspecto, se desarrolló el sistema soft-start donde se limitaba la intensidad, reduciendo así la reacción de contracción mencionada, aunque se necesitaba mayor tiempo de trabajo.³

Alrededor del año 1986, aparecen las lámparas láser las cuales producían una elevada contracción de polimerización durante el procedimiento, además de su elevado coste. Sin embargo, dicha intensidad hace que se reduzca el tiempo de trabajo al mejorar el factor de conversión. Dentro de las lámparas de láser destaca la de argón, producido a través del elemento de argon y cuyas características se centran en una elevada intensidad lumínica y profundidad de polimerización. Pero, presenta desventajas como un coste elevado, generación de demasiada contracción e intensidad.¹

Posteriormente, en el año 1995, se creó la lámpara de plasma (Xenon Arc Lamps Pac), la cual producía un haz de radiación concentrada de una intensidad que podía llegar hasta los $2400\text{mW}/\text{cm}^2$, según algunos autores. En este sistema, la luz es producida entre dos electrones confinados en un ambiente con gas xenón, pasando a ionizarse y convirtiendo el gas en conductor, emitiendo así fotones entre 430-480nm. Sin embargo, la experiencia dio lugar en poco tiempo a desventajas como: un mayor nivel de contracción por la elevada intensidad de polimerización, un elevado coste, un proceso incompleto, una generación de calor excesiva, la necesidad de sistemas de ventilación y únicamente aplicable a determinados composites.^{1,3}

Ciertos estudios indican que el estrés de polimerización es mayor en las lámparas de láser y de plasma que en las halógenas, produciendo una mayor microfiltración en las restauraciones y menor duración de las mismas.³

Por último, sobre el año 1995 también comenzaron a desarrollarse las lámparas LED (Light Emitting Diode), pero no se comercializaron hasta inicios del siglo XXI. En estos casos se genera luz a partir de un efecto mecánico-cuántico, combinando los semiconductores n-estimulados (tienen exceso de electrones) y los p-estimulados (necesitan electrones). Al combinarse ambos con un voltaje determinado se crean espacios libres de electrones, generando un haz de luz con longitud de onda específica que se emite por la terminal LED. Sin embargo, los semiconductores están condicionados por su ancho de banda de forma que la luz emitida tiene una distribución espectral estrecha (diferenciándose así de otros dispositivos anteriormente explicados), y pueden producirse las longitudes de onda seleccionadas.³ (Figura 1 y 2)

Por ello, a través de las lámparas LED mejoró la eficacia del proceso de polimerización y se demostró que, con intensidades inferiores al resto de dispositivos desarrollados, $500\text{mW}/\text{cm}^2$, se pueden polimerizar capas más profundas de resina compuesta y disminuir el factor de conversión que se genera.³

En comparación con otras lámparas, las de LED de alta intensidad usan un semiconductor cristalino más largo, lo cual incrementa la intensidad de luz y la zona iluminada, disminuyendo así un 50% el tiempo de exposición. Esta baja conductividad asegura una reducción de la temperatura (a diferencia de otros sistemas que se han comentado), protegiendo así el material y prolongando su duración. Una de las desventajas que presenta es que debido a su espectro de absorción únicamente puede emplearse con resinas situadas entre 440-490 nm.³

En conclusión, dentro de las ventajas con el uso de las lámparas LED se encuentran las siguientes: no necesita emplear filtros, tiene un bajo consumo de energía y fácil desinfección del material, presenta elevada duración de los LEDs y un sistema silencioso, además de una conversión de la energía en luz en un 90%.³

PERSPECTIVAS RESTAURADORAS Y PROSTODÓNTICAS

FACTOR C (FACTOR DE CONFIGURACIÓN CAVITARIA) Y PROCESO DE CONTRACCIÓN

El factor C, relacionado con la forma de preparación de la cavidad, es la relación entre las superficies adheridas y las no adheridas, permitiendo saber la magnitud del estrés de polimerización que creará una resina en dicha preparación.^{1,4} (Figura 3)

Por otro lado, como mencionan diversos autores, el proceso de contracción no puede eliminarse porque va unido a la misma polimerización al formar la red macromolecular, pasando de una distancia intermolecular de los monómeros entre 0,3-0,4nm a 0,15nm.^{1,2}



Figura 1. Lámpara de polimerización LED.



Figura 2. Lámpara de polimerización LED.

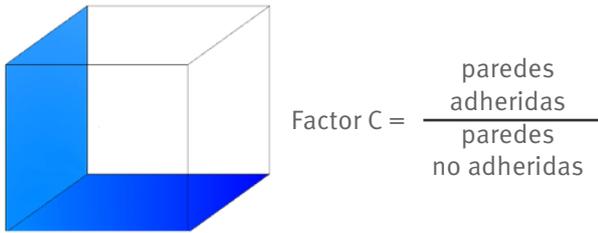


Figura 3. Factor C de polimerización.

Dicha contracción no es la misma para todos los sistemas, ya que depende de la composición de la resina. Es decir, los sistemas con más carga y cantidad de relleno y, por lo tanto, menos matriz presentan cambios volumétricos menores. Lo cual es importante para emplear unas técnicas y preparaciones cavitarias determinadas en función del caso.²

De esta forma, tanto el factor C como la contracción de polimerización influirán de manera negativa en el resultado de la restauración. Es decir, cuanto mayor sea la cantidad de paredes libres no adheridas en una cavidad mayor será, por lo tanto, la capacidad de fluir del material en su fase pre-gel, favoreciendo de este modo que se genere menor estrés durante la contracción (fase post-gel). Por lo tanto, será muy importante en la restauración saber cómo colocar y polimerizar las resinas compuestas, en función de la cantidad de paredes libres.^{1,4}

Para compensar todo ello, se desarrollaron diversas técnicas de incremento para la aplicación de las resinas compuestas en la restauración, como son la horizontal, la oblicua y la diagonal, las cuales se explicarán en los próximos temas.^{1,4}

En el estudio llevado a cabo por D. Herrera & cols. se indican las siguientes consecuencias de la contracción producida en el proceso de polimerización:¹

- Microfiltración entre diente y resina por falta de adhesión.
- Pigmentación (originada por la microfiltración).
- Sensibilidad post operatoria (consecuencia de los cambios de temperatura).
- Debilidad de la estructura dentaria.
- Microfracturas.
- Recidiva de caries y posible afectación pulpar.

Actualmente, se investigan varias opciones para evitar las consecuencias generadas de dicha polimerización, como son las siguientes:¹

- Un aumento de la carga inorgánica en el compuesto de resina. (Lo cual podría aumentar las tensiones generadas durante el proceso).
- El desarrollo de nuevos materiales con un menor porcentaje de contracción.
- La nanotecnología u Ormocer. (Añadiendo relleno cerámico para contrarrestar los efectos de la contracción).

- Modificando la técnica de adhesión, evitando la tensión creada al máximo posible generando movimiento.
- Por medio de la técnica de incremento de resina, en función del proceso. (Único, horizontal/oblicuo o diagonal).
- Empleo de materiales intermediarios. (Por ejemplo: ionómeros de vidrio, los cuales presentan varias funciones, entre ellas, disminuir el estrés originado).

FOTOACTIVACIÓN

La polimerización en Odontología puede activarse e iniciarse químicamente (composites autograbantes); con luz halógena, ultravioleta o LED a través de iniciadores fotosensibles (composites fotopolimerizables); o una polimerización dual.^{2,5}

En el caso de la autopolimerización, se produce por la presencia de moléculas capaces de generar radicales libres y dichos activadores pueden pertenecer al grupo de los peróxidos o al de los compuestos nitrogenados. La mezcla de ambos compuestos debe ser la adecuada para generar una reacción completa, la cual puede ser inhibida por ciertas moléculas, por lo que se contradice el uso de cementos de óxido de zinc-eugenol conjuntamente.^{2,5}

Si se centra en la fotopolimerización, emplean la energía que transportan los fotones luminosos para generar radicales libres en el monómero y dar lugar a dicha reacción. La activación tiene lugar con un fotoiniciador en la resina que dará lugar al proceso de polimerización del material. Estos fotoactivadores (fotoiniciadores) suelen derivarse de la benzoína, benzofenona, acetofenona y dicetona.^{2,5}

Con respecto al caso anterior, en la fotopolimerización, la ausencia de peróxido proporciona mayor estabilidad y conservación, mejorando así las propiedades tanto físicas como mecánicas de las resinas. Debido esto, a que dichos materiales se presentan en una sola pasta y puede coexistir todo en el mismo tubo sin reaccionar mientras no tenga un aporte energético, en los composites autopolimerizables se necesita mezclar ambos compuestos para reaccionar.^{2,5}

Un detalle importante, tras explicar las características de los tipos de fuentes, es que la fuente de luz halógena debe ser mínimo de 500mW/cm², y en el caso de la fuente de luz LED mínimo 400mW/cm² aunque puede llegar a 500-600mW/cm², siendo 1000 mW/cm² una polimerización demasiado rápida sin tan buenos resultados.¹

Entre las técnicas de fotopolimerización, se puede destacar:¹

- **Convencional (proceso continuo):** ofrece una rápida polimerización sin presencia de la fase pre-gel, dando mayor tensión y comprometiendo el sellado marginal.
- **Gradual (o soft-start):** mencionado anteriormente para reducir la tensión y crear una mejor adaptación marginal.

- **Gradual exponencial:** proporciona a la resina una reacción más lenta, reduciendo dichas tensiones.
- **Alto pulso de energía (arco de plasma, láser y halógena):** rápida polimerización y menor tiempo de trabajo clínico, pero lleva a una mayor filtración marginal.
- **Pulso tardío:** mayor tiempo de polimerización para aumentar la fase pre-gel, disminuyendo así las tensiones.

RESUMEN

El proceso de polimerización puede activarse de forma autopolimerizable, fotopolimerizable o dual. En dicho proceso, se debe tener en cuenta el efecto de contracción que se genera e intentar dentro de lo posible reducirlo, así como conocer y solventar las complicaciones asociadas a ello.

Con respecto a la evolución de los tipos de lámparas empleados para el proceso de fotopolimerización, se distingue entre: ultravioletas, halógenas, plasma, *láser* (argón) y LED. La diferencia de elección entre unas u otras, así como el avance de los últimos tiempos, se debe a reducir el tiempo de exposición, la intensidad y el factor de contracción. Todo ello, asociado a las diferentes ventajas e inconvenientes de cada una sobre el coste, la ergonomía y las funciones mencionadas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Herrera D, Méndez NO, Castañeda JC. Contracción de polimerización. Monografía [Disponible en internet].
2. Toledano M, Osorio R, Sánchez F, Osorio E. Are y Ciencia de los materiales odontológicos. Ediciones Avances. 2003.
3. Chaple AM, Montenegro Y, Álvarez J. Evolución histórica de las lámparas de fotopolimerización. Revista Habanera de Ciencias médicas. 2016; 15(1): 8-16.
4. Cedillo JJ. Factor C en operatoria dental. Revista ADM. 2010; 67 (2): 83-87.
5. Schmidseeder J. Atlas de Odontología Estética. Masson. 1999.