

Efecto de la intensidad de la luz de curado dental sobre las resinas dentales en cuanto a su estructura y forma: revisión de la literatura

Effect of dental curing light intensity on dental resins in terms of their structure and shape: literature review

Efeito da intensidade da luz de fotopolimerização sobre resinas odontológicas em termos de estrutura e forma: revisão da literatura

Recibido: 19/06/2023 | Revisado: 22/06/2023 | Aceptado: 23/06/2023 | Publicado: 27/06/2023

Karina Viviana Morocho Llivizaca

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8961-0096>

Universidad de Cuenca, Ecuador

E-mail: viviana.morocho96@ucuenca.edu.ec

Lourdes Margoth Ordóñez Tocto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4513-8858>

Universidad de Cuenca, Ecuador

E-mail: lourdes.ordonez96@ucuenca.edu.ec

Iván Andrés Palacios Astudillo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5857-5347>

Universidad de Cuenca, Ecuador

E-mail: andres.palacios@ucuenca.edu.ec

Resumen

Los materiales dentales a base de resina son ampliamente utilizados en odontología restauradora debido a su estética, versatilidad y durabilidad, por lo que el fotocurado es un proceso crucial en la polimerización de estos materiales.

Objetivo: Identificar el efecto que produce la intensidad de la luz de la lámpara de fotocurado en los materiales dentales a base de resina en cuanto a su estructura y forma. *Metodología:* El presente estudio, yace en una revisión bibliográfica, misma que toma como eje de estudios a artículos científicos relacionados con la odontología restaurativa, y los efectos de la intensidad lumínica de las lámparas de fotocurado sobre las resinas dentales en cuanto a su estructura y forma, lo que brindará una actualización literaria. *Conclusión:* Un adecuado fotocurado de las resinas da como resultado mejores propiedades mecánicas y un fotocurado incorrecto puede alterar negativamente las propiedades del material, causando sensibilidad, microfiltración, inestabilidad del color, fatiga, desgaste, aumento de la absorción de agua y solubilidad.

Palabras clave: Resina; Fotopolimerización; Cambios estructurales; Desventaja de fotocurado; Proceso de fotocurado.

Abstract

Resin-based dental materials are widely used in restorative dentistry due to their esthetics, versatility, and durability, which is why light-curing is a crucial process in the polymerization of these materials. *Objective:* To identify the effect produced by the intensity of the light from the curing lamp on resin-based dental materials in terms of their structure and shape. *Methodology:* The present study is based on a bibliographic review, which takes scientific articles related to restorative dentistry as the axis of study, and the effects of light intensity of light-curing lamps on dental resins in terms of their structure and form, which will provide a literary update. *Conclusion:* An adequate light curing of the resins results in better mechanical properties and an incorrect light curing can negatively alter the properties of the material, causing sensitivity, microleakage, color instability, fatigue, wear, increased water absorption and solubility.

Keywords: Resin; Light-curing; Structural changes; Disadvantage of light-curing; Light-curing process.

Resumo

Os materiais odontológicos à base de resina são amplamente utilizados na odontologia restauradora devido à sua estética, versatilidade e durabilidade, razão pela qual a fotopolimerização é um processo crucial na polimerização desses materiais. *Objetivo:* Identificar o efeito produzido pela intensidade da luz da lâmpada fotopolimerizadora em materiais odontológicos resinosos quanto à sua estrutura e forma. *Metodologia:* O presente estudo é baseado em uma revisão bibliográfica, que tem como eixo de estudo artigos científicos relacionados à odontologia restauradora, e os efeitos da intensidade luminosa de lâmpadas fotopolimerizadoras sobre resinas odontológicas em termos de sua estrutura e forma, que irão fornecer uma atualização literária. *Conclusão:* Uma fotopolimerização adequada das resinas resulta em melhores propriedades mecânicas e uma fotopolimerização incorreta pode alterar negativamente as propriedades do

material, causando sensibilidad, microinfiltración, inestabilidad de color, fatiga, desgaste, aumento de la absorción de agua y solubilidad.

Palabras-chave: Resina; Fotopolimerización; Alteraciones estructurales; Desventaja de la fotopolimerización; Proceso de fotopolimerización.

1. Introducción

La odontología emplea cada vez más las resinas compuestas para reconstruir dientes que han perdido parte de su estructura, por lo que estos materiales se someten a constantes modificaciones para adaptarse mejor a las condiciones bucales (Hervás, Martínez, Cabanes, Barjau, & Fos, 2006). Acorde a ello, este tipo de material de origen restaurador es comúnmente usado en el campo de odontología restauradora; sin embargo, presentan desventajas como la microfiltración y la liberación de calor durante la polimerización (Su-Jung, y otros, 2013). En este orden de ideas, se ha evidenciado a través de la praxis que el grado de polimerización de los materiales compuestos depende no solo de su composición química sino también de las propiedades de la unidad de fotopolimerización, en donde el curado inadecuado de los materiales compuestos disminuiría sus propiedades físicas, lo que provocaría fugas marginales, caries secundarias, mayor desgaste y apariencia estética deficiente de la restauración compuesta (Erickson & Barkmeier, 2014).

De este modo la unidad de fotopolimerización o también denominada lámparas de fotopolimerización dental o de fotocurado son manejadas en el área de odontología con el objetivo de fotopolimerizar los materiales dentales restauradores que se activan a través de una fuente de luz de alta intensidad que incita el endurecimiento de los mismos en un transitorio lapso de tiempo (Beolchi, 2022). Sin embargo, una fotopolimerización inadecuada, desarrolla escenarios desfavorables ya que altera las propiedades físicas, químicas y biológicas del material restaurador sobre la estructura dentaria, originando sensibilidad, microfiltración e inestabilidad del color en la restauración (Palacios, Cruz, Ibáñez, & Ruiz, 2022).

Bajo este enfoque, se han estimado estudios centrados en los efectos del tipo de luz unidad de halógeno de tungsteno de cuarzo (QTH) o sistemas de fotocurado de diodos emisores de luz (LED), para ello se han incorporado radiómetros simples para medir la intensidad de las lámparas de polimerización dental, de tal modo que, exponen la relación entre las mediciones de la intensidad de la luz, la distancia de la punta de curado de la resina compuesta y la polimerización de la resina.

Basado en lo antes mencionado, el objetivo de este artículo se centra en identificar el efecto que produce la intensidad de la luz de la lámpara de fotocurado en los materiales dentales a base de resina en cuanto a su estructura y forma, mismo que se alcanzará mediante la recopilación de información a través de la revisión bibliográfica que permitirán que se logre el objetivo general del presente trabajo.

2. Marco Teórico

2.1 Composición y propiedades de las resinas dentales

La resina compuesta dental es un material de restauración del color del diente que se utiliza para reemplazar una parte de la estructura del diente con caries, su aspecto estético es la principal ventaja frente a la amalgama dental convencional (Bhattachary & Wook-Jin, 2013). En este sentido, expone que, las composiciones del material dental se encuentran formadas de la siguiente manera:

Matriz de resina: Entre los componentes más utilizados en las resinas compuestas dentales se encuentran el dimetacrilato de uretano (UDMA) y el dimetacrilato de bisfenol aglicol (Bis-GMA), en donde esta última se define por su alta resistencia y dureza, así también el UDMA facilita la reducción de la viscosidad y aumenta la carga de relleno, lo que conduce a una mayor tenacidad y mejores propiedades mecánicas en comparación Bis-GMA, a ello se adiciona que para minimizar el efecto de su alta viscosidad se mezcla con él un comonomero diluyente como el dimetacrilato de trietilenglicol (TEGDMA) (Kruzic, Arsecularatne, Tanaka, Hoffman, & Cesar, 2018; Craig, Sakaguchi, & Sakagu, 2016).

Relleno: En cuanto al relleno se conoce que un mayor contenido en la matriz de resina mejora las propiedades de los materiales compuestos dentales, como el módulo elástico, la resistencia a la compresión, la resistencia al desgaste, la dureza, la manipulación mejorada y la estética, entre otras. (Anusavice, Phillips, Shen, Rawls, & Phillips, 2013; Kruzic, Arsecularatne, Tanaka, Hoffman, & Cesar, 2018).

Agente de acoplamiento: Se utiliza para unir químicamente el relleno, para conseguir la unión entre estas dos fases, de este modo es el agente de acoplamiento más utilizado es un compuesto orgánico de silicio llamado agente de acoplamiento de asilano, asimismo, el vínculo entre el relleno y la matriz de resina ayuda en la distribución de tensiones sobre el material a granel y su transición de la matriz orgánica débil a las partículas de relleno inorgánico que poseen propiedades mecánicas más altas (Suryawanshi & Behera, 2022).

Fotoiniciadores: Se utilizan para iniciar y promover la reacción de polimerización, de tal modo que el proceso de polimerización de la resina compuesta comienza con la liberación de radicales libres de la estructura del monómero de metacrilato, lo que requiere energía externa en forma de energía térmica, química o radiante (Rachmia & Fauziyah, 2019; Suryawanshi & Behera, 2022).

2.2 Importancia de la correcta polimerización de las resinas dentales

La polimerización es actualmente una herramienta fundamental que juega un papel cada vez más importante en las aplicaciones biomédicas, por lo que utiliza especialmente en la producción de composites dentales, debido a sus propiedades únicas, como un corto tiempo de polimerización de los compuestos (pocos segundos), pocas limitaciones y desventajas. consumo de energía y resolución espacial (polimerización solo en áreas irradiadas) (Topa, 2020). Acorde a ello, la polimerización de las resinas dentales puede afectar la calidad y durabilidad de las restauraciones, por lo que una polimerización insuficiente puede resultar en una reducción de la resistencia y la dureza de la resina, así como una mayor susceptibilidad a la degradación y al desgaste a largo plazo (Lohbauer, Belli, & Ferracane, 2013).

De esta manera se ha evidenciado que una correcta polimerización de las resinas dentales es crucial para garantizar una adecuada adherencia y durabilidad de las restauraciones dentales (Cuevas, D'Accorso, & Zamarripa, 2009), asimismo, se obtiene un buen rendimiento clínico, particularmente en las áreas que soportan estrés, ya que si este se desarrolla en un grado de curado insuficiente afecta las propiedades químicas de la resina compuesta (Lombardini, Chiesa, Scribante, Colombo, & Poggio, 2012). Si la polimerización es insuficiente, se pueden presentar problemas como una baja resistencia mecánica, mayor solubilidad y microfiltración, lo que puede conducir a la falla prematura de la restauración ya la posible pérdida del diente tratado (Cuevas, D'Accorso, & Zamarripa, 2009; Moradas & Álvarez, 2018), así también, la sobrepolimerización debilita la unión entre la resina y el diente (2018), por lo que se pueden generarse efectos adversos como una mayor contracción de la resina y un aumento en la tensión residual, lo que puede producir estrés en la interfaz adhesiva y en la estructura dental subyacente, lo que a su vez puede dar lugar a la sensibilidad dental, fracturas y otros problemas (Orozco, Álvarez, & Guerrero, 2016).

2.3 Luz de curado dental: tipos y características

La luz de curado dental es un tipo de luz especial utilizada para polimerizar o resistir las resinas compuestas en la restauración dental. Hay dos tipos principales de luces de curado utilizadas en odontología: halógenas y LED. Las luces halógenas utilizan una lámpara de tungsteno-halógeno para emitir una luz blanca brillante, que es absorbida por un filtro de longitud de onda para emitir una luz azul, esta última posee una longitud de onda de alrededor de 400-500 nm, lo que la hace efectiva para activar los fotoiniciadores en la resina dental (Carrillo & Monroy, 2009). Por lo que son mayormente usadas en la odontología para diversos procedimientos en relación a la restauración dental, entre las características principales de las lámparas de luz halógena se incluyen su sistema de autodiagnóstico, indicador de vida útil de la bombilla, pantalla LCD con radiómetro

incorporado, modos de selección de tiempo variados y tonos audibles que indican la finalización del proceso de curado (Sierra , 2019; Chaple , Montenegro, & Álvarez , 2016).

Las luces LED (*Light Emitting Diode*) funcionan a través de un diodo semiconductor que luz al pasar por una corriente eléctrica. Una de las ventajas de los LED es su bajo consumo de energía y la menor generación de calor en comparación con otras unidades de fotocurado (Omidi , Gosili , Jaber, & Mahdkhah , 2018). La utilidad de los mismos yace en 1000 horas, pueden ser inalámbricos y son casi silenciosos (Calvo, 2010). Tienen una vida útil más larga y un costo más bajo en comparación con las luces halógenas (Chaple , Montenegro, & Álvarez , 2016). A ello se adicionan otras unidades como el Laser de Argón, sistema de luz visible que maneja un ion argón, conjuntamente se caracteriza por ser un equipo de gran tamaño por lo que su valor es de gran coste, una de sus limitaciones es que no emite una longitud de onda suficiente para otro fotoiniciador que no sea la canforoquinona (Rueggeberg , Giannini, Arrais , & Price, 2018). El arco de Plasma, mismo que se encuentra determinado por una salida que supera los 2000mW/cm, forma un amplio espectro de luz UV, visible e infrarroja (Rueggeberg , Giannini, Arrais , & Price, 2018).

2.4 Mecanismos de acción de la luz de curado sobre las resinas dentales

La luz de curado dental actúa sobre las resinas dentales mediante un proceso llamado polimerización, en cual los monómeros de la resina se unen para formar una estructura polimérica sólida. De esta manera la luz de curado es absorbida por los fotoiniciadores presentes en la resina, lo que provoca la formación de radicales libres que inician la polimerización, estos radicales libres se combinan con los monómeros para formar enlaces covalentes y, por lo tanto, aumentan la viscosidad y la rigidez de la resina (Fernández , Fontes, Carvalho, Pinto, & Demarco, 2010).

Acorde a ello, se conoce que la eficacia de la polimerización depende de la intensidad de la luz, la longitud de onda de la luz, la duración de la exposición y la composición de la resina. La luz debe tener una longitud de onda adecuada para ser absorbida por los fotoiniciadores presentes en la resina. Además, la duración de la exposición debe ser suficiente para permitir que los radicales libres inicien la polimerización en toda la profundidad de la resina. La composición de la resina también puede influir en la eficacia de la polimerización (Warner, 2012).

Este procedimiento requiere suficiente intensidad de energía lumínica y una longitud de onda adecuada para activar el fotoiniciador dentro de estos materiales, que reaccionará con el agente reductor para formar radicales libres e iniciar el proceso de polimerización (Porto , Soares , Martin , Cavalli , & Liporoni , 2018). Otras variables, la intensidad de luz adecuada, la longitud de onda correcta y la densidad de energía (densidad de potencia x tiempo de exposición) son esenciales para lograr la profundidad de curado adecuada (Franco , Santos , & Mondelli , 2018; Assis Carvalhol, y otros, 2012). A ello se adicionan los distintos regímenes de curado, que pueden influir en la resistencia de unión, dureza y densidad de reticulación, de tal manera que cuando se aplica una alta densidad de potencia, se activan más moléculas de fotoiniciadores al mismo tiempo y, en consecuencia, la aceleración se produce inmediatamente después de la exposición a la luz, lo que genera tensiones internas que se limitan a las interfaces y la estructura dental compuesta (Garzón, 2018).

En concordancia con ello se anuncian los modos de curados, mismos que poseen una relación existente entre la densidad de poder de la luz utilizada para fotopolimerización De esta manera Lasso y Morales (2022) detallan los siguientes modos:

Modo de curado continuo: Se entiende por curado continuo al proceso de aplicar luz de curado de manera constante, sin interrupciones, en una secuencia específica. Existen cuatro tipos de curado continuo, los cuales pueden presentarse en tres niveles de intensidad: alta, intermedia y combinada baja/alta (Lasso & Morales , 2022).

En donde la alta intensidad: Se centra en el pulso de alta energía, siendo esta manejada en la energía de pulsos muy cortos y de alta intensidad de unos 1000 a 2800 mW/cm², por períodos de 10 segundos, estos cifrales implican de tres a seis veces el poder de intensidad normal (Lasso & Morales , 2022). Se adiciona la intermedia continuo uniforme: Este modo de

curado se caracteriza por exponer una luz de constante intensidad siendo aplicada a la resina compuesta en un período de tiempo específico (Lasso & Morales , 2022). Y la baja/alta: Polimerización de inicio blando: La técnica de polimerización de inicio blando consiste en prolongar el período pregel del material mediante la emisión de una baja intensidad de energía con el objetivo de mejorar su capacidad de flujo (Lasso & Morales , 2022).

Otro nivel de curado escalonado: Esta modalidad se curado se centra en un bajo nivel de energía para luego seguir progresando a niveles de energía cada vez más altos, cada uno con una duración fija en períodos de tiempo. Este tipo solo se encuentra expuestos en las lámparas halógenas, de arco de plasma (Lasso & Morales , 2022). Y finalmente el curado en rampa: Esta técnica empieza con la luz inicial baja intensidad y gradualmente se va aumentando a un alta en un explícito período de tiempo (Lasso & Morales , 2022).

Modo de curado discontinuo: Es utilizado para iniciar una polimerización lenta de la resina, interrumpiendo la emisión de energía para luego continuar con una intensidad de energía incrementada. Este modo se caracteriza por la aplicación de la luz en forma discontinua o con interrupciones y es también llamada técnica de curado blando. Así también en el se describen dos tipos de curado discontinuo y éstos a su vez pueden conceder dos niveles distintos de intensidad: alta intensidad y baja intensidad (Lasso & Morales , 2022).

En donde la alta intensidad- curado en laboratorio: Este tipo de curado emite una alta intensidad de luz de 2500mW/cm² en muy pocos segundos, de tal modo que incorpora una gran intensidad de energía en menor tiempo, impidiendo que la resina compuesta libere las tensiones, formando cadenas cortas de polímeros, originando la disminución de sus propiedades (Lasso & Morales , 2022). Y la baja intensidad- curado pulsado retardado: Este se caracteriza por poseer un único pulso de luz es aplicado a la restauración con un bajo poder de densidad de 200 mW/cm² por 3 segundos, continuo por una pausa de 3 a 5 minutos, luego se emplea un segundo pulso de alto poder de densidad de 600 mW/cm² por 10 segundos en cada superficie de la restauración, de tal modo que el curado pulsado es constantemente manipulado con las lámparas halógenas y durante el tiempo de espera, el compuesto puede acabar y puede pulirse (Lasso & Morales , 2022).

2.5 Efectos de la intensidad de la luz de curado sobre la polimerización y estructura de las resinas dentales

La literatura científica ha evidenciado que una intensidad de luz menor a 300 mW/cm² puede resultar en una polimerización incompleta y una mayor cantidad de monómeros residuales en la resina (Rueggeberg & Jordan, 2013). Sin embargo, una intensidad mayor a 600 mW/cm² puede generar una mayor cantidad de estrés de contracción y una mayor susceptibilidad a la degradación hidrolítica (Rueggeberg & Jordan, 2013). Por otro lado, la intensidad de luz de curado mayor a 800 mW/cm² puede generar una mayor polimerización y una menor cantidad de monómeros residuales (Ferracane, Ferracane, & Braga, 2005). Asimismo, se ha sostenido que las resinas compuestas curadas con una intensidad de luz de 1200 mW/cm² mostraron una mayor dureza y una profundidad de curado más profunda que las resinas curadas con una intensidad de 600 mW/cm² (Sierra , 2019).

En este sentido, se establece que existe una asociación entre la intensidad de la luz, el grado de conversión y la dureza de la superficie (Alkudhairy , 2018). En donde la alta intensidad de luz (emitancia de radiación) a una longitud de onda efectiva proporciona suficiente energía para activar los iniciadores, lo que permite una adecuada polimerización de la resina y buenas propiedades mecánicas (Par, Repusic , & Skenderovic , 2019). Así también el fotocurado con alta intensidad pueden conducir a un mayor estrés de polimerización como resultado de velocidades de polimerización más rápidas (Shimokawa , Turbino , & Giannini, 2018), de tal manera que produce más radicales rápidamente, lo que da como resultado una terminación bi-radical temprana que reduce el grado de conversión de los BCR (Kim , Son , & Hwang , 2018).

Asimismo, una alta intensidad de luz de curado (1600 mW/cm²) produce una mayor cantidad de monómeros no reaccionados en la superficie de la resina, lo que puede afectar negativamente la resistencia a la fractura de la resina (Lugo,

2020). Conjuntamente, se ha evidenciado que las salidas de múltiples longitudes de onda, originan un aumento en la falta de homogeneidad de la irradiación, lo que incita a un curado desigual del compuesto y una reducción de las propiedades mecánicas generales (Miletic & Santini, 2012; Price, Labrie, & Rueggeberg, Correlation between the beam profile from a curing light and the microhardness of four resins, 2016). En relación al tiempo de mantenimiento de la luz, existe un efecto significativo de la LCU y el tiempo de exposición de la interacción tanto en la profundidad de curado de RBC como en la microdureza (AlShaafi, 2018). De tal modo que el tiempo de curado intercede positivamente en las propiedades de polimerización de los rellenos en bloque (Zorzin, Maier, & Harre, 2015).

2.6 Consideraciones clínicas para la selección de la intensidad de la luz de curado dental

En cuanto a las solicitudes clínicas para la selección de la intensidad de la luz de curado dental, se ha evidenciado que en primera instancia la intensidad de la luz de curado debe ser suficiente para lograr una polimerización adecuada de la resina, pero no tan alta que cause daño térmico a la pulpa dental. Se sugiere que la intensidad de la luz de curado esté en el rango de 1.000-1.200 mW/cm² para la mayoría de las resinas dentales. (Price, Light Curing in Dentistry, 2018). Otras sugerencias señalan que la luz de curado debe ser de al menos 600 mW/cm² para una polimerización adecuada de las resinas compuestas. Además, se sugiere que la intensidad de la luz de curado debe ser mayor en materiales de mayor opacidad o en áreas de difícil acceso (Rueggeberg, Giannini, Arrais, & Price, 2018).

Asimismo, se estima que la intensidad de la luz de curado debe ser configurada para lograr una profundidad adecuada de curado en la resina dental. La profundidad de curado depende de varios factores, como la longitud de onda de la luz de curado, la intensidad de la luz, el tiempo de exposición y la composición de la resina dental (Ramírez, Ancona, Dimas, & Zamarripa, 2018). Conjuntamente, se conoce que la intensidad de la luz de curado debe ser ajustada según el grosor de la capa de resina y el tipo de restauración dental. Por ejemplo, se sugiere que las restauraciones de resina de espesor completo requieren una intensidad de luz más alta que las restauraciones de resina de espesor parcial (AlShaafi, 2018).

3. Materiales y Métodos

El presente estudio, yace en una revisión bibliográfica integradora, misma que toma como eje de estudios a artículos científicos relacionados con la odontología restaurativa, y los efectos de la intensidad lumínica de las lámparas de fotocurado sobre las resinas dentales en cuanto a su estructura y forma, lo que brindará una actualización literaria. Para la búsqueda se emplearon las principales bases de datos como Pudmed, Scielo, Scopus, Web of Science, así como revistas electrónicas sobre odontología tanto en español como en inglés de texto completo o lectura libre: Rev. ADM, The Journal of Prosthetic Dentistry, Clinical Oral Implants Research, Periontology, Journal of Endodontics.

Las palabras claves fueron seleccionadas tomando en cuenta los Medical Subject Headings (Mesh) y los Descriptores de Ciencias de la Salud (Decs), para una búsqueda más selectiva basada en el estudio, por lo que se empelo los operadores booleanos AND, OR y NOT, mientras que los términos seleccionados para la búsqueda fueron: Light; Curing Lights; electromagnetic waves; intensity; polymerization; dental resins. Conjuntamente, las búsquedas fueron limitadas a los cinco últimos años de publicación, es decir durante el periodo 2018 - 2023, siendo analizados de manera exhaustiva y selectiva según los criterios de selección.

Criterios de selección

Esta revisión de literatura se fundamentó en la recopilación de artículos científicos que encierran en su contexto la odontología restaurativa, y los efectos de la intensidad lumínica de las lámparas de fotocurado sobre las resinas dentales en

cuanto a su estructura y forma, mismos que han sido limitados a un periodo de estudio actual (2018-2023). Acorde a ello, se exponen los siguientes criterios a considerar

Criterios de inclusión:

- Artículos científicos en todos los idiomas y de los últimos 5 años.
- Revisión de literatura, meta-análisis y revisión sistemática.
- Materiales dentales a base de todo tipo de resina y casa comercial.
- Lámparas de fotocurado con punta de fibra óptica y luz led.

Criterios de exclusión:

- Materiales a base de cerámica.
- Lámparas de fotocurado sin radiómetro incluido.

En consideración a las palabras claves: Resina; fotopolimerización o luz de fotocurado; cambios estructurales; desventaja de fotocurado; proceso de fotocurado (Español). Resin; light-curing or light-curing ligh; structural changes; disadvantage of light cure; light-curing process (Ingles). En cuanto al uso de los operadores booleanos AND, OR y NOT: Se estimó la siguiente combinación de palabras:

Para el buscador Pubmed, se utilizó las siguientes palabras claves: “Resin” AND “light-curing process” AND “light-curing” OR “light-curing light” NOT “ceramic”, dando como resultado de la búsqueda 165 artículos, posterior se aplicó a cada uno de ellos los criterios de inclusión como son los artículos de meta-análisis y revisión sistemática obteniendo 30 estudios, de acuerdo a su elegibilidad por el periodo de estudio 16 artículos se acogieron, y para finalizar aplicando los criterios de exclusión materiales a base de cerámica y lámparas de fotocurado sin radiómetro incluido quedaron 11 artículos aprobados.

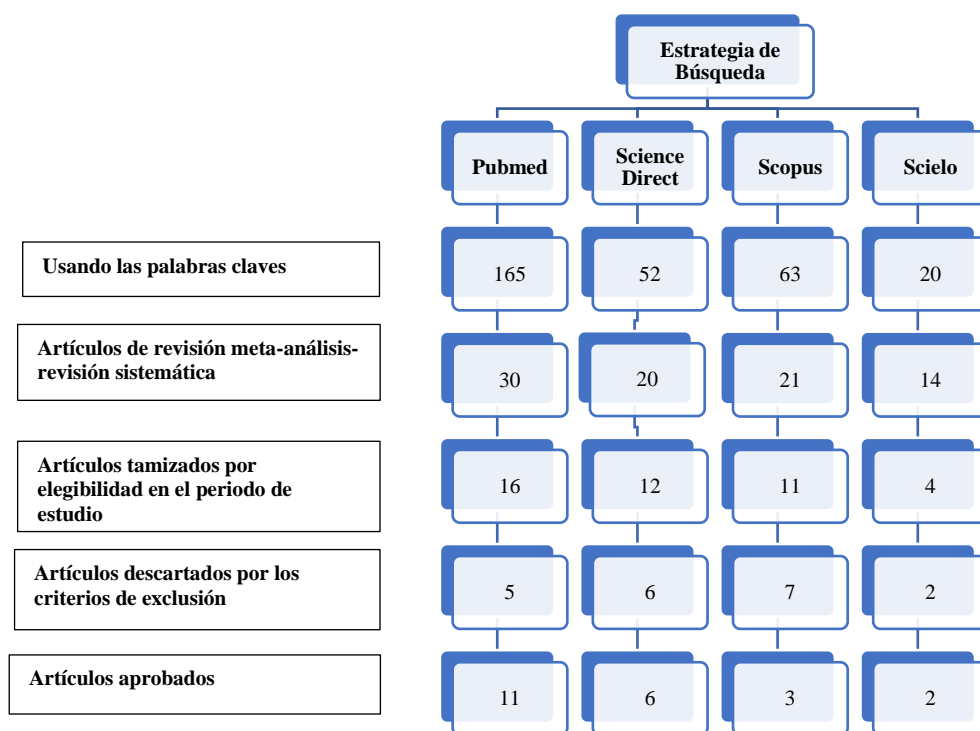
Para el buscador Science Direct, se utilizó las siguientes palabras claves: “Resin” AND “light-curing process” AND “light-curing” OR “light-curing light” NOT “ceramic”, dando como resultado de la búsqueda 52 artículos, posterior se aplicó a cada uno de ellos los criterios de inclusión como son los artículos de meta-análisis y revisión sistemática obteniendo 20 estudios, de acuerdo a su elegibilidad por el periodo de estudio 12 artículos se acogieron, y para finalizar aplicando los criterios de exclusión materiales a base de cerámica y lámparas de fotocurado sin radiómetro incluido quedaron 6 artículos aprobados.

Para el buscador Scopus, se utilizó las siguientes palabras claves en inglés: “Resin” AND “light-curing process” AND “light-curing” OR “light-curing light” NOT “ceramic”, en español Resina” AND “fotocurado, proceso de fotocurado” AND “luz de fotocurado” OR “fotopolimerización” NOT “cerámica”, dando como resultado de la búsqueda 63 artículos, posterior se aplicó a cada uno de ellos los criterios de inclusión como son los artículos de meta-análisis y revisión sistemática obteniendo 21 estudios, de acuerdo a su elegibilidad por el periodo de estudio 11 artículos se acogieron, y para finalizar aplicando los criterios de exclusión materiales a base de cerámica y lámparas de fotocurado sin radiómetro incluido quedaron 3 artículos aprobados.

Para el buscador Scielo, se utilizó las siguientes palabras claves: “Resina” AND “fotocurado, proceso de fotocurado” AND “luz de fotocurado” OR “fotopolimerización” NOT “cerámica”, dando como resultado de la búsqueda 20 artículos, posterior se aplicó a cada uno de ellos los criterios de inclusión como son los artículos de meta-análisis y revisión sistemática obteniendo 14 estudios, de acuerdo a su elegibilidad por el periodo de estudio 4 artículos se acogieron, y para finalizar aplicando los criterios de exclusión materiales a base de cerámica y lámparas de fotocurado sin radiómetro incluido quedaron 2 artículos aprobados.

La tabla a continuación presenta, los datos obtenidos a través de la búsqueda de artículos científicos, mediante el manejo de los operadores booleanos y los criterios de inclusión y exclusión para formar el “corpus” de la investigación.

Figura 1 - Algoritmo de selección de artículos.



Fonte: Autores.

4. Resultados y Discusión

Los materiales dentales a base de resina son ampliamente utilizados en odontología restauradora debido a su estética, versatilidad y durabilidad, por lo que el fotocurado es un proceso crucial en la polimerización de estos materiales, donde la luz de una lámpara de fotocurado activa los fotoiniciadores y permite la formación de enlaces químicos que otorgan resistencia y estabilidad al material.

Beolchi, menciona los cambios estructurales de las resinas dentales luego del fotocurado con lámpara, resaltando que si estas son adecuadamente polimerizadas tendrán mejores propiedades mecánicas y, por lo tanto, mejor desempeño clínico (Beolchi, 2022). Suryawanshi A, Behera N y Lugo W, determinan que el proceso térmico al que es sometido el material compuesto dental mejora las cualidades mecánicas, como la microdureza, la resistencia a la flexión, la resistencia a la fractura y la resistencia al desgaste (Suryawanshi & Behera, 2022; Lugo, 2020).

Topa, expresa que se ha logrado la reducción de la contracción de polimerización por debajo del 1 % y han minimizado el estrés de polimerización (Topa, 2020). Palacios C, Cruz D, Ibáñez C, Ruiz M. señalan que si esta reducción de contracción fuese incorrecta alteraría las propiedades físicas, químicas y biológicas del material, dando origen a la sensibilidad, microfiltración e inestabilidad del color en la restauración (Palacios , Cruz , Ibáñez , & Ruiz , 2022).

Beolchi, en su la literatura expuso la desventaja y el error al usar la lámpara de fotocurado sobre las resinas dentales, en donde se estimó que la carencia de información con relación al manejo de la densidad de energía, la colimación de la luz, y los fotoiniciadores se utilizan en la resina, pueden generar problemas de microfiltración, decoloración, mayor abrasión en el desgaste del material de restauración (Beolchi, 2022). Omidi B, Gosili A, Jaber M, Mahdkhah. otros de los efectos que se generan es el aumento de la absorción de agua, solubilidad del compuesto y reducción de la dureza (Omidi , Gosili , Jaber, & Mahdkhah , 2018). Kim R, Son S, Hwang J, apoyando a Beolchi describen otras desventajas como la decoloración, hipersensibilidad, lo que puede generar caries secundarias e inflamación de la pulpa incluso poniendo en peligro la misma, especialmente cuando se restaura una cavidad grande y profunda (Kim , Son , & Hwang , 2018). Palacios C, Cruz D, Ibáñez C, Ruiz M, en relación con

lo anterior, estableció que la proyección de luz inadecuada de la lámpara genera una incorrecta polimerización del material de restauración (Palacios , Cruz , Ibáñez , & Ruiz , 2022).

Price R, Labrie D, Rueggeberg F, mencionan que la incorrecta colimación de la luz de las lámparas de fotocurado, provoca un aumento de la tensión de las fallas de unión, y más espacios entre el diente y el material de restauración (Price , Labrie , & Rueggeberg , Correlation between the beam profile from a curing light and the microhardness of four resins, 2016). Moradas M, Álvarez B. han evidenciado que se da la pérdida de volumen lo que compromete la integridad de la interfase entre resina y diente, dando paso a la formación de grietas con el riesgo de hipersensibilidad, formación de caries secundaria, incluso, fractura de la restauración (Moradas & Álvarez, 2018). Kruzic , Arsecularatne , Tanaka , Hoffman, dentro de sus evidenciadas explican que esta desventaja se da por la falla del margen y la propagación del espacio debido a la carga cíclica superpuesta a las tensiones interfaciales producidas por la contracción de polimerización y la incorrecta colimación de la luz (Kruzic , Arsecularatne, Tanaka, Hoffman , & Cesar, 2018).

Beolchi, resalta que, en el proceso de polimerización de una resina compuesta, se debe prestar atención a aspectos que parten desde el conocimiento del operador, potencia de salida de la lámpara, conjuntamente la densidad de energía, la colimación de la luz, qué fotoiniciadores contiene el composite, a ello se adiciona otros factores como la ubicación y el tipo de restauración, y la distancia desde la punta emisora de luz hasta la restauración (Beolchi, 2022). Moradas M, Álvarez B, establecen que el operador debe poseer el conocimiento exhaustivo de los materiales y aparatología, para que pueda estimar la intensidad de la lámpara, tiempo de exposición, longitud de onda necesaria, entre otros (Moradas & Álvarez, 2018). Palacios C, Cruz D, Ibáñez C, Ruiz M, corroboran que el operador debe considerar el manejo adecuado de la lámpara ya que al otorgar una correcta fotopolimerización del material se asegura el éxito del tratamiento restaurador (Palacios , Cruz , Ibáñez , & Ruiz , 2022).

Sierra y AlShaafi, dentro de su literatura sugieren que para el fotocurado sea exitoso el espesor no debe exceder los 2mm en un tiempo de exposición de 40 segundos dando como resultado valores de microdureza más altos (Sierra , 2019; AlShaafi, 2018). Por otro lado, Par *et al*, mostró que con solo 30 segundos de exposición o curación se producen las energías radiantes que están en línea con las recomendaciones de la literatura científica actual (Par, Repusic , & Skenderovic , 2019).

Finalmente, Lasso D, Morales E. refieren que los valores de intensidad mínimo deben estar en 300mW/cm². en forma óptima la intensidad debe estar entre 400-800 mW/cm² en promedio (Lasso & Morales , 2022). De manera similar Alkudhairi, establece que una polimerización adecuada requiere una intensidad de diodo emisor de luz (LED) de 400 a 500 mW/cm² (Alkudhairi , 2018).

5. Conclusiones

En conclusión, un adecuado fotocurado de las resinas da como resultado mejores propiedades mecánicas, este proceso térmico incrementa la microdureza, resistencia a la flexión, resistencia a la fractura, resistencia al desgaste y propiedades físicas del material. Sin embargo, un fotocurado incorrecto puede alterar negativamente las propiedades del material, causando sensibilidad, microfiltración, inestabilidad del color, fatiga, desgaste, aumento de la absorción de agua y solubilidad. Estos efectos pueden llevar a problemas como la decoloración, hipersensibilidad, caries secundarias e inflamación de la pulpa.

Es necesario que, a futuro se pueda ampliar mucho más la investigación referente al efecto de la intensidad de la luz de curado dental sobre las resinas dentales en cuanto a su estructura y forma, debido que en la actualidad se conoce de algunas ventajas y desventajas de la misma, sin embargo, esto puede aumentar por las diferentes modificaciones que pueden presentar las diferentes lámparas de fotocurado, ocasionando fracaso del tratamiento restaurativo.

Referencias

- Alkhdhairy, F. (9 de 2018). The effect of curing intensity on mechanical properties of different bulk-fill composite resins. *CCIDE*(1-6).
- AlShaafi, M. (29 de 2018). Factors affecting polymerization of resin-based composites: A literature review. *The Saudi Dental Journal*, 2.
- Anusavice, K., Phillips, R., Shen, C., Rawls, H., & Phillips, R. (2013). *Science of dental materials*. Elsevier/Saunders.
- Assis Carvalhol, A., do Couto, F., Borges, R., Soares, C., Batista, E., & Batista, J. (2012). Effect of light sources and curing mode techniques on sorption, solubility and biaxial flexural strength of a composite resin. *J. Appl. Oral Sci.*, 2(2).
- Beolchi, R. (2022). Tópicos fundamentales en fotopolimerización. *Gaceta Dental*.
- Bhattachary, M., & Wook-Jin, S. (2013). Resina compuesta dental. *Nanobiomateriales en Odontología Clínica*.
- Calvo, N. (2010). Unidades y Protocolos de Fotocurado. *Boletín Científico*, 21(9).
- Carrillo, C., & Monroy, M. (2009). Métodos de activación de la fotopolimerización. *Revista ADM*(5).
- Chaple, A., Montenegro, Y., & Álvarez, J. (2016). Evolución histórica de las lámparas de fotopolimerización. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 15(1), 8-16.
- Craig, R., Sakaguchi, P., & Sakagu, R. (2016). Craig's restorative dental materials. *Mosby Elsevier*, 13.
- Cuevas, C., D'Accorso, N., & Zamarripa, E. (2009). Uso en odontología de resinas polimerizadas por apertura de anillos. *Instituto de Ciencias de la Salud*.
- Erickson, R., & Barkmeier, W. (6 de 30 de 2014). Características de curado de un composite. parte 2: el efecto de la configuración de curado en la profundidad y distribución del curado. *Abolladura Mater*, 30(6), 134-45.
- Fernández, M., Fontes, S., Carvalho, R., Pinto, M., & Demarco, F. (2010). Restauración semidirecta de resina compuesta: una alternativa para dientes posteriores - Reporte de caso clínico. *Acta Odontologica*, 48(3).
- Ferracane, J., Ferracane, L., & Braga, R. (2005). Effect of admixed high-density polyethylene (HDPE) spheres on contraction stress and properties of experimental composites. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, 66, 318.
- Franco, E., Santos, P., & Mondelli, R. (2018). The effect of different light-curing units on tensile strength and microhardness of a composite resin. *J Appl Oral Sci*, 15(4), 470-4.
- Garzón, D. (2018). Evaluación de la intensidad de luz emitida por unidades de fotopolimerización utilizadas por estudiantes de la unidad de atención odontológica de la UNACH. *Universidad Nacional del Chimborazo*.
- Hervás, A., Martínez, M., Cabanes, J., Barjau, A., & Fos, P. (2 de 11 de 2006). Resinas compuestas. Revisión de los materiales e indicaciones clínicas. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, 11(2).
- Kim, R., Son, S., & Hwang, J. (43 de 2018). Comparison of photopolymerization temperature increases in internal and external positions of composite and tooth cavities in real time: Incremental fillings of microhybrid composite vs. bulk filling of bulk fill composite. *J Dent*, 9.
- Kruzic, J., Arsecularatne, J., Tanaka, C., Hoffman, M., & Cesar, P. (2018). Recent advances in understanding the fatigue and wear behavior of dental composites and ceramics. *J Mech Behav Biomed Mater*, 88, 504-533.
- Lasso, D., & Morales, E. (2022). Propiedades y características relacionadas con las lámparas de fotocurado y su proceso de polimerización: revisión exploratoria. *Universidad colegios de Colombia*.
- Lohbauer, U., Belli, R., & Ferracane, J. (2013). Factors involved in mechanical fatigue degradation of dental resin composites. *Journal of Dental Research*, 92(7), 584-591.
- Lombardini, M., Chiesa, M., Scribante, A., Colombo, M., & Poggio, C. (2012). Influencia del tiempo de polimerización y la profundidad de curado de resinas compuestas determinadas por la dureza Vickers. *Dent Res J (Isfahán)*, 9(6), 735-740.
- Lugo, W. (2020). Microdureza superficial en resinas bulk- fill: estudio in vitro. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*.
- Miletic, V., & Santini, A. (40 de 2012). Micro-Raman spectroscopic analysis of the degree of conversion of composite resins containing different initiators cured by polywave or monowave LED units. *J Dent*, 2(106-113).
- Moradas, M., & Álvarez, B. (2018). Dinámica de polimerización enfocada a reducir o prevenir el estrés de contracción de las resinas compuestas actuales. Revisión bibliográfica. *Avances en Ondotoesmatología*, 33(6).
- Omidi, B., Gosili, A., Jaber, M., & Mahdkhah, A. (2018). Intensity output and effectiveness of light curing units in dental offices. *J Clin Exp Dent*, 10(6), 555-60.

- Orozco, R., Álvarez, C., & Guerrero, J. (2016). Fotopolimerización de resinas compuestas a través de diversos espesores de tejido denta. *Revista odontológica mexicana*, 19(4).
- Palacios, C., Cruz, D., Ibáñez, C., & Ruiz, M. (2 de 59 de 2022). Intensidad lumínica de las lámparas de fotocurado LED en los consultorios odontológicos de Piura, Perú. *Revista Cubana de Estomatología*, 59(2).
- Par, M., Repusic, I., & Skenderovic, H. (23 de 2019). The effects of extended curing time and radiant energy on microhardness and temperature rise of conventional and bulk-fill resin composites. *Clin Oral Investig*, 10(3777–3877).
- Porto, I., Soares, L., Martin, A., Cavalli, V., & Liporoni, P. (2018). Influence of the photoinitiator system and light photoactivation units on the degree of conversion of dental composites. *Braz Oral Res*, 24(4), 475-8.
- Price, R., Labrie, D., & Rueggeberg, F. (30 de 2016). Correlation between the beam profile from a curing light and the microhardness of four resins. *Dent Mater*, 12.
- Price, R. (61 de 2018). Light Curing in Dentistry. *Dental Clinics of North America*, 4(751-778).
- Rachmia, Y., & Fauziyah, S. (2019). Dental composite resin: A review. *AIP Conference Proceedings*.
- Ramírez, M., Ancona, A., Dimas, N., & Zamarripa, P. (2018). Efecto de la energía de polimerización sobre el grado de conversión en resinas compuestas de uso dental envejecidas por uv. *Ciencias Biomédicas y de la Salud ICSa. UAEH*.
- Rueggeberg, F., Giannini, M., Arrais, C., & Price, R. (2018). Light curing in dentistry and clinical implications: A literature review. *Brazilian Oral Research. Sociedade Brasileira de Hematologia e Hemoterapia*, 31, 64–91.
- Rueggeberg, F., & Jordan, D. (2013). Efecto de la distancia de la punta de la luz en la polimerización del compuesto de resina. *Revista internacional de prostodoncia*, 6(4), 364-70.
- Shimokawa, C., Turbino, M., & Giannini, M. (34 de 2018). Effect of light curing units on the polymerization of bulk fill resin-based composites. *Dent Mater*, 8(1211–1221).
- Sierra, K. (2019). Efectividad de las lámparas de fotocurado usadas por los estudiantes de odontología, de acuerdo a la irradiancia obtenida y a la integridad de la fibra óptica. *Universidad Central del Ecuador*.
- Su-Jung, K., Yoon, P., Sang, J., Jin, A., In-Bog, L., Byeong, C., & Deog, S. (2013). Thermal irritation of teeth during dental treatment procedures. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 105-112.
- Suryawanshi, A., & Behera, N. (2022). Resina compuesta dental: una revisión de las principales propiedades mecánicas, medidas y sus factores influyentes. *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*, 53(3), 617-635.
- Topa, M. (2020). Light cured dental composite resins. *Comunidad Enciclopedia*.
- Warner, M. (2012). Principios de la Fotopolimerización. *Schulich School of Medicine and Dentistry*, 8(3).
- Zorzín, J., Maier, E., & Harre, S. (31 de 2015). Bulk-fill resin composites: polymerization properties and extended light curing. *Dent Mater*, 3(293–301).