

**TEMPERATURA E IRRADIANCIA LUMÍNICA DE LAS LÁMPARAS DE
FOTOCURADO PERTENECIENTES A LOS ESTUDIANTES DE ORTODONCIA
Y REHABILITACIÓN ORAL**

AUTORES

**ANDREA GUADALUPE DAZA DAZA
SALOMÉ MÁRQUEZ GÓMEZ
LIANNA CAROLINA MARTÍNEZ FIGUEROA**

**COLEGIO ODONTOLÓGICO
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA - UNICOC
ESPECIALIZACIÓN EN REHABILITACIÓN ORAL**

**SANTIAGO DE CALI
23 DE SEPTIEMBRE DE 2024**



**TEMPERATURA E IRRADIANCIA LUMÍNICA DE LAS LÁMPARAS DE
FOTOCURADO PERTENECIENTES A LOS ESTUDIANTES DE ORTODONCIA
Y REHABILITACIÓN ORAL**

AUTORES

**ANDREA GUADALUPE DAZA DAZA
SALOMÉ MÁRQUEZ GÓMEZ
LIANNA CAROLINA MARTÍNEZ FIGUEROA**

DIRECTOR

**JULIANA ZULUAGA LONDOÑO
ESPECIALISTA EN OPERATORIA Y MATERIALES DENTALES**

**ASESOR METODOLÓGICO
ALEJANDRA ORDÓÑEZ MOLINA
MAGISTER EN EPIDEMIOLOGÍA**

**ASESOR ESTADÍSTICO
JULIÁN TAMAYO CARDONA
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA**

**COLEGIO ODONTOLÓGICO
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA - UNICOC
ESPECIALIZACIÓN EN REHABILITACIÓN ORAL**



Temperatura e irradiancia lumínica de las lámparas de fotocurado pertenecientes a los estudiantes de ortodoncia y rehabilitación oral.

Temperature and light irradiance of photocuring lamps belonging to orthodontic and oral rehabilitation students.

“Andrea Guadalupe Daza Daza ¹”, “Salomé Márquez Gómez ²”, “Lianna Carolina Martínez Figueroa ³”, Juliana Zuluaga Londoño ⁴, Alejandra Marleth Ordóñez Molina ⁵”

Odontóloga- Universidad Metropolitana de Barranquilla, Odontóloga-Universidad Santiago de Cali, Odontóloga- Universidad del Sinú seccional Cartagena, Especialista En Operatoria Y Materiales Dentales, Magister En Epidemiología

Resumen

Introducción. En la odontología moderna, las lámparas de fotocurado juegan un papel crucial en el éxito de los tratamientos restauradores. Su principal función es activar el proceso de polimerización de los materiales resinosos y compuestos dentales, permitiendo que se endurezcan y alcancen sus propiedades óptimas. Estos dispositivos han evolucionado significativamente desde su introducción, mejorando en aspectos como la potencia de la luz, la longitud de onda y la eficiencia energética. Es fundamental conocer la temperatura emitida de cada lámpara de fotocurado para poder seleccionar la más adecuada y prevenir los riesgos como daños tisulares e incluso daños pulpares.

Objetivo. Determinar la intensidad de calor y la intensidad lumínica / irradiancia lumínica de las lámparas de fotocurado de los estudiantes de posgrado de Ortodoncia y Rehabilitación Oral UNICOC sede Cali y correlacionar estas dos variables.

Materiales y métodos. Estudio observacional de tipo descriptivo. Se midió la intensidad lumínica en 16 lámparas de fotocurado LED usando un radiómetro marca Motion Medical, siendo la irradiancia mínima de 400 mw/cm² y máxima de 1200 mw/cm². Se midió la temperatura con un termómetro digital marca Fluke, siendo la temperatura mínima de 37°C y máxima de 43°C.

Resultados. Los valores obtenidos fueron registrados en una ficha de recolección de datos. A los resultados obtenidos se les aplicó la prueba estadística T student y prueba estadística de correlación de Pearson y los resultados fueron expresados en tablas. Se evidenció que hay una diferencia significativa en la temperatura del modo Normal ($p=0.000$), por lo que las temperaturas en el modo Normal están por encima del mínimo establecido por el fabricante. En el segundo análisis existe una diferencia significativa en la temperatura del modo Alto ($p=0.000$), lo que indica que las temperaturas en este modo están por encima del mínimo establecido. La correlación del modo Normal entre la temperatura y la irradiancia nos indica que no hay correlación significativa entre estas la temperatura y la irradiancia lumínica. De igual manera, se realizó la correlación del modo Alto entre la temperatura y la

irradiancia lo que nos indica que en este modo hay una relación significativa entre la temperatura y la irradiancia lumínica.

Conclusiones. Las lámparas de fotocurado LED, utilizadas en Unicoc Cali por los residentes de rehabilitación oral y ortodoncia durante el 2023-2 y 2024-1, emiten una intensidad lumínica promedio en el modo NORMAL de 1014,86 mW/cm², y en el modo ALTO de 2016,26 mW/cm² equivalente a la intensidad media. Y emiten una temperatura promedio en el modo NORMAL de 52,83 °C y en el modo ALTO de 54,72°C. No hubo una diferencia significativa en el modo NORMAL entre la temperatura y la irradiancia lumínica pero si en el modo ALTO.

Palabras clave: Temperatura, pulpa dental, lámpara de curado, irradiancia, potencia luminosa.

Abstract

Introduction. In modern dentistry, curing lights play a crucial role in the success of restorative treatments. Their main function is to activate the polymerization process of resinous materials and dental composites, allowing them to harden and reach their optimal properties. These devices have evolved significantly since their introduction, improving in aspects such as light power, wavelength and energy efficiency. It is essential to know the temperature emitted by each curing light in order to select the most appropriate one and prevent risks such as tissue damage and even pulp damage.

Objective. To determine the heat intensity and light intensity/light irradiance of the curing lights of the postgraduate students of Orthodontics and Oral Rehabilitation UNICOC Cali campus and to correlate these two variables.

Materials and methods. Descriptive observational study. The light intensity was measured in 16 LED curing lamps using a Motion Medical radiometer, with a minimum irradiance of 400 mw/cm² and a maximum of 1200 mw/cm². The temperature was measured with a Fluke digital thermometer, with a minimum temperature of 37°C and a maximum of 43°C.

Results. The values obtained were recorded in a data collection form. The Student T test and Pearson correlation statistical test were applied to the results obtained and the results were expressed in tables. It was evident that there is a significant difference in the temperature of the Normal mode ($p=0.000$), so the temperatures in the Normal mode are above the minimum established by the manufacturer. In the second analysis there is a significant difference in the temperature of the High mode ($p=0.000$), which indicates that the temperatures in this mode are above the minimum established. The correlation of the Normal mode between temperature and irradiance indicates that there is no significant correlation between these, temperature and light irradiance. Likewise, the correlation of the High mode between temperature and irradiance was performed, which indicates that in this mode there is a significant relationship between temperature and light irradiance.

Conclusions. The LED curing lamps, used at Unicoc Cali by oral rehabilitation and orthodontic residents during 2023-2 and 2024-1, emit an average light intensity in the NORMAL mode of 1014.86 mW/cm², and in the HIGH mode of 2016.26 mW/cm² equivalent to the average intensity. And they emit an average temperature in the NORMAL mode of 52.83 °C and in the HIGH mode of 54.72 °C. There was no significant difference in the NORMAL mode between temperature and light irradiance but there was in the HIGH mode.

Keywords. Temperature, dental pulp, curing lamp, irradiance, light output.

Introducción

La lámpara de fotocurado es un dispositivo de suma importancia en la práctica odontológica moderna que desempeñan un papel crucial en el éxito clínico de los procedimientos de restauración. (1) Estas lámparas emiten luz en el rango visible, generalmente en el espectro de luz azul (400-500 nm), que polimeriza los materiales compuestos fotopolimerizables utilizados en restauraciones dentales. Su correcto funcionamiento es esencial para asegurar una polimerización adecuada y evitar fallas restaurativas a corto o largo plazo. Los materiales fotopolimerizables utilizan fotoinciadores sensibles a un espectro de luz específico. En síntesis, a pesar de que las luces de fotopolimerización son esenciales, su importancia a menudo se menosprecia y se descuidan aspectos cruciales de su aplicación para obtener resultados satisfactorios. (2)

La intensidad lumínica de una lámpara de fotocurado es la responsable de la contracción volumétrica que sufren los materiales dentales, disminuyendo la dureza, la resistencia a la flexión, el módulo elástico; produciendo fracturas, defectos marginales, desgaste, etc. Para un buen funcionamiento de la lámpara de fotocurado es necesario evaluar rutinariamente la intensidad de luz de estas (1)

A lo largo del tiempo, la eficiencia de las lámparas de fotocurado puede verse comprometida debido a factores como el tiempo de uso, los modos de operación, y el mantenimiento inadecuado. Uno de los factores clave que influyen en su desempeño es la irradiancia lumínica, que se refiere a la cantidad de energía luminosa emitida por unidad de área, y que puede disminuir con el tiempo afectando la calidad de los procedimientos. Según las directrices actuales, los niveles de irradiancia lumínica deberían ser de al menos 400 mW/cm² para garantizar una polimerización efectiva. Otro aspecto fundamental es la generación de calor, que puede variar según el tipo de lámpara y su tiempo de exposición, afectando no solo la comodidad del paciente, sino también la integridad del tejido dental. Los rangos permisibles de temperatura para los tejidos dentales deben mantenerse entre 37 °C (mínimo) y 43 °C (máximo) para evitar daños. (3)

El instrumento que permite cuantificar esa intensidad de luz es el radiómetro. Es crucial también registrar la temperatura del lente de proyección de luz azul, simulando la distancia al diente durante un procedimiento de polimerización. Cuando se utiliza un radiómetro para medir la intensidad lumínica, sus especificaciones variarán dependiendo de la marca y modelo del instrumento, por ello es necesario familiarizarse con sus características para realizar una adecuada interpretación de sus mediciones. Ningún radiómetro es confiable al 100 % debido a que su medición se basa en una distancia (lámpara – radiómetro) de 0 mm. Sin embargo, su empleo es útil para asegurar el fotocurado(4)

La temperatura es un parámetro crítico a considerar durante el proceso de fotocurado. Estudios como el de Spanović et al. (2018)(5) destacan la importancia del monitoreo en tiempo real de la temperatura durante el curado de compuestos experimentales, sugiriendo que el aumento de temperatura puede comprometer la integridad de los materiales utilizados y, en consecuencia, la calidad del tratamiento odontológico. Además, la investigación de Armellin et al. (2016) (6) resalta cómo los cambios de temperatura pueden variar en diferentes sitios dentales, lo que subraya la necesidad de entender cómo se comportan las lámparas de fotocurado en situaciones clínicas reales.

El efecto de la temperatura generada por las lámparas de fotocurado en la pulpa dental es un aspecto crucial a evaluar, ya que un aumento excesivo de la temperatura puede llevar a daños en el tejido pulpar y afectar la viabilidad de las estructuras dentales. (5) Yazici et al. (2006) (7) llevaron a cabo un estudio comparativo sobre los cambios de temperatura en la cámara pulpar inducidos por diversas unidades de fotocurado, revelando que diferentes dispositivos presentan variaciones significativas en la temperatura generada durante el proceso de curado. Este hallazgo subraya la importancia de seleccionar adecuadamente la lámpara de fotocurado para minimizar el riesgo de daño pulpar, especialmente en tratamientos que requieren exposiciones prolongadas a la luz.(8)

Además, el estudio de Dogan et al. (2009)(9) proporciona evidencia sobre el aumento de temperatura inducido por distintas unidades de fotocurado a través de

la dentina, lo que sugiere que la composición y el grosor del diente pueden influir en la transmisión del calor. Esto plantea preguntas importantes sobre cómo el tiempo de uso y los modos de operación de las lámparas pueden afectar la temperatura alcanzada en el tejido dental, lo que a su vez puede influir en la elección de la técnica de curado en diferentes contextos clínicos.(10)

El monitoreo de la temperatura durante el uso de lámparas de fotocurado es vital no solo para garantizar una polimerización efectiva, sino también para preservar la salud del tejido pulpar. Lakhani et al. (2018)(11) evaluaron el aumento de temperatura en la pulpa dental tras la activación de materiales de recubrimiento pulpar y resinas compuestas, demostrando que la elección de los materiales puede influir en la respuesta térmica del diente. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar no solo la técnica de curado, sino también los materiales utilizados en las restauraciones, ya que ambos factores pueden interactuar para afectar la temperatura pulpar y, por ende, la salud dental.(12)

Por su parte, la revisión sistemática de Benetti et al. (2018) (13) sobre los diferentes tipos de luz utilizados en el blanqueamiento dental indica que la intensidad y la longitud de onda de la luz pueden influir en la respuesta del tejido pulpar. Esta información es relevante para el uso de lámparas de fotocurado, ya que su diseño y características pueden variar considerablemente. La elección de la lámpara adecuada, por tanto, no debe basarse únicamente en la potencia lumínica, sino también en cómo estas variables pueden impactar la pulpa dental.(14)

El estudio realizado por Baldissara et al. (1997)(15) proporciona datos clínicos y histológicos sobre los umbrales de lesión térmica en los dientes, sugiriendo que existe un límite crítico de temperatura que no debe superarse para evitar daños. Estos resultados son particularmente significativos para los tratamientos que requieren un uso prolongado de la luz de fotocurado, donde el riesgo de lesiones térmicas es mayor(16)

Adicionalmente, el trabajo clásico de Zach y Cohen (1965)(17) sobre la respuesta de la pulpa al calor aplicado externamente establece un precedente fundamental

para entender los efectos térmicos en los tratamientos odontológicos. Sus hallazgos subrayan la necesidad de un enfoque cuidadoso en la aplicación de calor durante los procedimientos de curado(18)

Finalmente, Price et al. (2010)(19)revisan aspectos técnicos esenciales sobre las unidades de fotocurado, proporcionando una guía para su correcta selección y utilización. Resaltan la importancia de comprender las características de cada dispositivo, incluyendo su potencia, el tipo de luz emitida y su capacidad de generar calor, para optimizar los resultados clínicos y minimizar complicaciones.(20,21)

Dado el impacto potencial de la temperatura y la irradiancia lumínica en el éxito de los tratamientos restaurativos, es fundamental que los estudiantes de posgrado en Ortodoncia y Rehabilitación Oral sean formados adecuadamente en el uso de estas herramientas. La evaluación y correlación de la intensidad de calor y la irradiancia lumínica de las lámparas de fotocurado, en función de su tiempo de uso y modos de operación, no solo permitirá mejorar la calidad de los tratamientos odontológicos, sino que también contribuirá a la seguridad y bienestar del paciente.(22,23)

Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo determinar la intensidad de calor y la irradiancia lumínica de las lámparas de fotocurado de los estudiantes de posgrado de Ortodoncia y Rehabilitación Oral en UNICOC sede Cali, y correlacionar la intensidad de calor y la irradiancia lumínica de las lámparas de fotocurado.

Métodos (Materiales y métodos)

DISEÑO DEL ESTUDIO

Esta investigación fue de tipo observacional descriptiva.

POBLACIÓN OBJETIVO

La población está conformada por las lámparas de fotocurado de los residentes de Ortodoncia y Rehabilitación Oral que se encontraban cursando las prácticas clínicas a partir de segundo semestre en los periodos académicos 2024-1 y 2024-2 Siendo la población matriculada de 35 estudiantes del posgrado de rehabilitación oral y de 33 estudiantes del posgrado de ortodoncia para un total de 68 residentes.

Se solicitó la autorización para ejecutar la recopilación de información en el campo de la investigación en el laboratorio de posgrado de la institución entre Mayo y Agosto del año 2024.

Se coordinó a través de Microsoft una encuesta que fue enviada al correo institucional de cada residente, donde contenía preguntas tipo: que lámpara usaban, tiempo de uso, si les realizaban mantenimiento o no, el cual, solo hubo 24 respuestas de los residentes. Se llevó a cabo el estudio con 16 lámparas disponibles en ese momento.

RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

El ingeniero biomédico certificado visitó la institución y llevó a cabo la recopilación de datos sobre la medición de la intensidad lumínica utilizando un radiómetro dental de la marca Motion Medical, modelo CM-200, y de la temperatura mediante un termómetro digital de la marca Fluke, modelo Series 179, que registró el calor emitido por la lámpara de fotocurado que se estaba evaluando.

La medición de la intensidad lumínica se realizó en cada uno de los modos disponibles. El ingeniero biomédico posicionó la punta activa de la lámpara en contacto íntimo con el radiómetro. Al finalizar el tiempo estipulado para cada modo, registró la intensidad lumínica final obtenida en el radiómetro. Este procedimiento se repitió cuatro veces por cada modo, con el objetivo de verificar si existía alguna diferencia significativa entre las cuatro mediciones.

La medición de la temperatura de las lámparas se realizó de manera similar para cada modo. El ingeniero biomédico colocó la punta activa de la lámpara en contacto íntimo con el termómetro, y, dependiendo del modo, se esperó a que finalizara el tiempo para registrar la temperatura final. Este procedimiento se llevó a cabo cuatro veces por cada modo, de la misma forma que con la medición de la intensidad lumínica.

Los datos obtenidos fueron organizados en una tabla con el fin de realizar el seguimiento detallado de cada lámpara, tanto en términos de intensidad lumínica

como de temperatura. Posteriormente, se procedió a la tabulación de la información para su análisis.

Los modos de irradiancia que generaron un mayor volumen de datos fueron el modo Normal y el modo Alto. A partir de las cuatro mediciones realizadas para cada lámpara, se calculó el promedio de los resultados obtenidos.

Los promedios de la intensidad lumínica y de la temperatura fueron analizados mediante la prueba T de Student para una muestra, con el objetivo de compararlos con los límites de referencia establecidos por cada fabricante.

Asimismo, se realizó una comparación entre la temperatura y la intensidad lumínica en los modos Normal y Alto utilizando la prueba de correlación de Pearson.

Las consideraciones éticas se basaron conforme a la resolución 8430 de 1993 expedida por el Ministerio de Salud de Colombia y por la declaración de Helsinki; en los cuales se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud.

De acuerdo con la Resolución 8430 de 1993, esta investigación se clasifica como sin riesgo, ya que se utilizaron técnicas documentales retrospectivas sin intervención en las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los participantes, registrando datos a través de un instrumento de recolección que no alteró significativamente a los individuos.

Resultados

Se evaluaron 16 lámparas pertenecientes a los estudiantes de Rehabilitación Oral y Ortodoncia, considerando sus diferentes modos de funcionamiento. La evaluación incluyó la medición de la irradiancia lumínica y la temperatura, para las cuales se realizaron cuatro mediciones en cada uno de los modos. Estas mediciones fueron promediadas para cada modo. No obstante, la mayoría de las lámparas contaba con los modos Normal y Alto, en los cuales se concentró el mayor volumen de análisis.

En un análisis preliminar, se obtuvieron los valores descriptivos de la temperatura de las lámparas en sus diferentes modos, como se detalla en la tabla 1. Además, se llevó a cabo una prueba T de una muestra para comparar los límites de referencia establecidos por la literatura para las temperaturas en los diferentes modos (mínimo: 37°C y máximo: 43°C).

Los resultados evidenciaron una diferencia estadísticamente significativa en la temperatura del modo Normal en relación con el límite inferior de referencia ($p=0.000$), lo que indica que las temperaturas promedio en este modo están por encima del mínimo establecido. Asimismo, se identificaron diferencias estadísticamente significativas con respecto al límite superior de referencia ($p=0.000$), lo que sugiere que las temperaturas de las lámparas en el modo Normal superan el rango de referencia establecido en la literatura.

En este mismo análisis, se obtuvieron los valores descriptivos de la temperatura de las lámparas en el modo Alto, como se detalla en la tabla 1. Se realizó una prueba T de una muestra para comparar los límites de referencia establecidos por la literatura para las temperaturas en este modo (mínimo: 37°C y máximo: 43°C).

Los resultados indicaron una diferencia estadísticamente significativa en la temperatura del modo Alto con respecto al límite inferior de referencia ($p=0.000$), lo que sugiere que las temperaturas promedio en este modo están por encima del mínimo establecido. Asimismo, se identificaron diferencias estadísticamente significativas en relación con el límite superior de referencia ($p=0.000$), lo que indica que las temperaturas de las lámparas en el modo Alto se encuentran fuera del rango de referencia proporcionado por la literatura.

En un segundo análisis, se obtuvieron los valores descriptivos de la irradiancia lumínica de las lámparas en sus diferentes modos, como se detalla en la tabla 2. Además, se realizó una prueba T de una muestra para comparar los límites de referencia establecidos en la literatura en los distintos modos (mínimo: 400 mW/cm² y máximo: 1200 mW/cm²).

Los resultados revelaron una diferencia estadísticamente significativa en la irradiancia del modo Normal en relación con el límite inferior de referencia en la literatura ($p=0.000$), lo que indica que las irradiancias promedio en este modo superan dicho límite. Asimismo, se identificaron diferencias estadísticamente significativas con respecto al límite superior de referencia ($p=0.002$), lo que sugiere que las irradiancias lumínicas en el modo Normal se encuentran por encima del rango establecido por el fabricante.

En este mismo análisis, se obtuvieron los valores descriptivos de la irradiancia lumínica de las lámparas en el modo Alto, como se detalla en la tabla 2. Se llevó a cabo una prueba T de una muestra para comparar los límites de referencia establecidos en la literatura para este modo (mínimo: 400 mW/cm^2 y máximo: 1200 mW/cm^2).

Los resultados evidenciaron una diferencia estadísticamente significativa en la irradiancia del modo Alto en relación con el límite inferior ($p=0.000$), lo que indica que las irradiancias promedio se encuentran por encima del mínimo establecido por el fabricante. Además, se identificaron diferencias estadísticamente significativas con respecto al límite superior ($p=0.000$), lo que sugiere que las irradiancias lumínicas en el modo Alto superan considerablemente el rango de referencia proporcionado por el fabricante. Esta situación podría tener implicaciones relevantes en el rendimiento y la seguridad del dispositivo.

Por otro lado, se llevó a cabo la correlación entre la temperatura y la irradiancia en el modo Normal, obteniendo un coeficiente de correlación de 0.432 ($p=0.107$), lo que indica que en este modo no existe una correlación estadísticamente significativa entre la temperatura y la irradiancia lumínica.

Asimismo, se realizó la correlación en el modo Alto entre la temperatura y la irradiancia, obteniendo un coeficiente de correlación de 0.586 ($p=0.045$), lo que sugiere que en este modo existe una correlación estadísticamente significativa entre la temperatura y la irradiancia lumínica.

Se compararon las temperaturas entre los distintos modos para determinar si eran menores, iguales o mayores a los límites establecidos anteriormente. El valor mínimo de temperatura fue de 37°C. En los modos 1, 2, 3, 5 y 7 se encontraron diferencias significativas respecto a esta temperatura, mientras que los modos 4 y 6 no mostraron diferencias significativas.

Asimismo, se compararon las temperaturas entre los distintos modos para verificar si eran menores o iguales al límite máximo establecido de 43°C. En los modos 1, 2, 3 y 7 se identificaron diferencias significativas respecto a esta temperatura, mientras que los modos 4, 5 y 6 no mostraron diferencias significativas.

Por último, se compararon las irradiancias lumínicas entre los diferentes modos para determinar si eran menores, iguales o mayores al límite mínimo establecido de 400 mW/cm². Todos los modos presentaron diferencias significativas en relación a este valor.

De igual manera, se compararon las irradiancias lumínicas entre los distintos modos para evaluar si eran menores, iguales o diferentes al límite máximo establecido de 1200 mW/cm². Nuevamente, todos los modos mostraron diferencias significativas con respecto a este valor.

Discusión

Un estudio realizado por Baldissara et al. (1997) (15) demostró que las lámparas halógenas de fotocurado pueden aumentar la temperatura intrapulpal entre 5-9°C, lo cual es suficiente para causar daño irreversible en la pulpa. El límite crítico para la supervivencia del tejido pulpar es un aumento de temperatura de 5.5°C (22,24)

Un estudio de Ozturk et al. (2004)(14) comparó las lámparas de fotocurado LED y halógenas, mostrando que, aunque las LED producen menos calor, su uso prolongado puede generar incrementos de temperatura significativos si no se utilizan tiempos de exposición adecuados. Se concluyó que el tipo de lámpara, la distancia a la restauración y el tiempo de exposición influyen directamente en el aumento de temperatura (25,26)

Según Zach y Cohen (1965), (17) un aumento de 10°C puede provocar daño pulpar irreversible. Esto es relevante al utilizar lámparas de fotocurado en restauraciones cercanas a la encía, donde el calor puede afectar no solo a la pulpa sino también a los tejidos gingivales. Aunque es un estudio clásico, su relevancia sobre el umbral térmico sigue vigente.(27)

Price et al. (2010), (19) analizan los efectos de las lámparas de polimerización y su potencia sobre la temperatura en la pulpa, y determinan que una irradiancia superior a 1.500 mW/cm² puede generar un aumento de temperatura significativo en los tejidos dentales, especialmente cuando se utiliza de manera continua o sin refrigeración adecuada.(28)

Munhoz V et al (2024)(10) concluyeron que para los procedimientos de recubrimiento pulpar indirecto, se deben adoptar materiales autopolimerizables o un número reducido de pasos que requieran fotopolimerización para reducir la cantidad de tiempo que la pulpa permanece por encima del umbral de temperatura de seguridad de 5,5 °C.(29)

Maucoski et al. (2023)(29) comprobó que ninguno de los radiómetros pudo medir la irradiancia de todas las LCU probadas dentro del 10% del valor medido en el sistema MiniGig 'Gold Standard'. Pero el Bluephase Meter II pudo informar con precisión la irradiancia de 11 de las 12 marcas de LCU que se probaron. Y que los valores medios de irradiancia (mW/ cm²) de 9 de 12 marcas de LCU estaban fuera del 10% de los valores de irradiancia indicados por el fabricante cuando se midieron en el sistema MiniGig 'Gold Standard'.(14)

Hasan et al. (2024)(27) concluyeron que a medida que las lámparas de fotocurado envejecieron o tuvieron la presencia de escombros o se dañaron, su salida radiante fue significativamente menor que la de las lámparas de fotocurado más nuevas o menos dañadas.(30)

La irradiancia de las lámparas disminuye significativamente a medida que aumenta la distancia entre la punta de la lámpara y la superficie del material. Esto influye directamente en la eficacia del fotocurado, requiriendo tiempos de exposición más

prolongados para compensar la pérdida de energía a mayor distancia o generando mayor intensidad lumínica para que disminuya el tiempo de exposición.

Estas investigaciones proporcionan una base sólida sobre los riesgos térmicos asociados con el uso de lámparas de fotocurado en la odontología. La clave para minimizar estos efectos es utilizar tiempos de exposición cortos, distancias adecuadas y lámparas que generen menos calor, como las lámparas LED de última generación.

Conclusiones

En este estudio, se observó que las temperaturas promedio de las lámparas de fotocurado analizadas oscilaron entre 45,95°C y 63,7°C, lo que supera significativamente el límite máximo de seguridad térmica recomendado. Este hallazgo es preocupante, ya que temperaturas tan elevadas pueden generar efectos adversos en los tejidos dentales, como daño pulpar irreversible.

Asimismo, en cuanto a la irradiancia lumínica, los valores medios se situaron entre 593 mW/cm² y 2.838,65 mW/cm². Estos resultados indican que, en muchos casos, las lámparas emiten irradiancias que están por encima del rango máximo establecido por los fabricantes (1.200 mW/cm²), lo que sugiere una exposición excesiva a la luz que podría afectar la correcta polimerización de los materiales y generar calor adicional. Estos datos subrayan la necesidad de ajustar los parámetros de uso clínico para garantizar tanto la seguridad del paciente como la eficacia del tratamiento. Se observó una correlación moderada entre temperatura e irradiancia en el modo Alto, lo que indica que, en este modo, la irradiancia elevada contribuye directamente al aumento de temperatura. En el modo Normal, esta relación no fue significativa, sugiriendo que otros factores (como la duración o el tipo de luz) también influyen en el aumento de temperatura.

Las temperaturas promedio registradas en el modo Normal de las lámparas de fotocurado superan significativamente el límite mínimo de 37°C establecido por el fabricante. Este incremento implica un riesgo potencial de sobrecalentamiento, lo que podría afectar la salud pulpar de los pacientes. La diferencia encontrada fue

estadísticamente significativa, lo que refuerza la necesidad de revisar los parámetros de uso de estos dispositivos. Los resultados sugieren que, incluso en modos considerados "normales", las lámparas podrían operar fuera de los rangos recomendados, lo cual podría tener implicaciones clínicas importantes.

Recomendaciones

- **Monitoreo Regular de la Intensidad de Calor**
Se recomienda que los estudiantes de posgrado realicen mediciones periódicas de la intensidad de calor de sus lámparas de fotocurado. Esto asegurará que la temperatura generada durante el proceso de polimerización se mantenga dentro de los rangos permisibles (37-43 °C) para evitar daños en el tejido pulpar y garantizar un curado adecuado.
- **Evaluación de la Irradiancia Lumínica**
Es fundamental que los estudiantes identifiquen y evalúen la irradiancia lumínica de sus lámparas de fotocurado. Se sugiere el uso de radiómetros para medir la intensidad de la luz emitida, asegurándose de que se mantenga dentro del rango óptimo ($\geq 400 \text{ mW/cm}^2$) para una polimerización eficaz de los materiales dentales.
- **Capacitación en Modos de Uso de las Lámparas de Fotocurado**
Los estudiantes deben recibir capacitación sobre los diferentes modos de funcionamiento de las lámparas de fotocurado. Entender cuándo y cómo utilizar cada modo puede maximizar la eficacia del curado y minimizar el riesgo de daño térmico.
- **Desarrollo de Protocolos Clínicos**
Finalmente, se recomienda la elaboración de protocolos clínicos que integren los hallazgos de esta investigación, orientando a los estudiantes y profesionales sobre las mejores prácticas en el uso de lámparas de fotocurado, incluyendo parámetros óptimos de temperatura, irradiancia y modos de uso, para mejorar la calidad de los tratamientos odontológicos.

Agradecimientos

Agradecidas con Dios fuente de sabiduría y fortaleza, por habernos otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en nosotras siempre, dando ejemplo de superación, humildad y sacrificio, y enseñándonos a valorar todo lo que tenemos.

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la doctora Juliana Zuluaga, la doctora Alejandra Ordoñez y el doctor Julián Tamayo por su invaluable apoyo y orientación durante la realización de nuestro proyecto de investigación. Su dedicación, conocimientos y constante disposición para brindarnos su ayuda fueron fundamentales para el desarrollo exitoso de este trabajo. Gracias a su compromiso y asesoría, pudimos avanzar con seguridad y alcanzar los objetivos planteados. Este logro no habría sido posible sin su contribución.

Andrea Daza, Lianna Martínez, Salomé Marquez.

Conflicto de interés

No existe conflicto de intereses entre los autores.

Referencias

1. Rueggeberg FA. State-of-the-art: Dental photocuring - A review. Vol. 27, Dental Materials. 2011. p. 39–52.
2. Santini A. DentalMaterialScience Current Status of Visible Light Activation Units and the Curing of Light-activated Resin-based Composite Materials. Vol. 37, Dent Update. 2010.
3. Melendez D, Delgado L, Tay L. LA CIENCIA DETRÁS DE LAS LÁMPARAS DE POLIMERIZACIÓN LED. THE SCIENCE BEHIND LED LIGHT CURING UNITS. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA. 2021 [cited 2024 Apr 13];10(3):1–13. Available from: www.rodyb.com/
4. Gadith C, Rivas P, Denisse D, Floresa C, Teresa Ibáñez Sevilla C, Ruiz Barrueto MA. Output intensity of LED light curing units in dental offices of Piura, Peru [Internet]. Piura,Perú; 2022. Available from: <http://www.revestomatologia.sld.cu/index.php/est/article/view/3767>
5. Španović N, Par M, Skendrović H, Bjelovučić R, Prskalo K, Tarle Z. Real-time temperature monitoring during light-curing of experimental composites. Acta Stomatol Croat. 2018 Jun 1;52(2):1–11.
6. Armellin E, Bovesecchi G, Coppa P, Pasquantonio G, Cerroni L. LED Curing Lights and Temperature Changes in Different Tooth Sites. 2016;1–10. Available from: <http://dx.doi.org/10.1155/2016/1894672>
7. Yazici AR, Müftü A, Kugel G, Perry RD. Comparison of Temperature Changes in the Pulp Chamber Induced by Various Light Curing Units, In Vitro. Oper Dent [Internet]. 2006 Feb 1 [cited 2023 Apr 25];31(2):261–5. Available from: <https://meridian.allenpress.com/operative-dentistry/article/31/2/261/107065/Comparison-of-Temperature-Changes-in-the-Pulp>

8. Boskey AL, Coleman R. Critical reviews in oral biology & medicine: Aging and bone. Vol. 89, Journal of Dental Research. 2010. p. 1–16.
9. Dogan A, Hubbezoglu I, Dogan OM, Bolayir G, Demir H. Temperature rise induced by various light curing units through human dentin. Dent Mater J. 2009 May;28(3):253–60.
10. Munhoz VDB, Rocha MG, Correr AB, Sinhorette MAC, Geraldini S, Oliveira D. The role of protective liners and glass ionomer in managing pulp temperature during light curing. J Clin Exp Dent [Internet]. 2024 [cited 2024 Oct 17];16(6):e749. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/cgi-proxy/unicoc.edu.co/articles/PMC11310984/>
11. Lakhani J, Agrawal V, Mahant R, Kapoor S, Vaghamshe Di, Shah A. Pulpal temperature rise: Evaluation after light activation of newer pulp-capping materials and resin composite. Contemp Clin Dent. 2018 Oct 1;9(4):1–7.
12. Jarquín Hernández D, Bonilla S. Temperature increase on the tooth surface during photo-polymerization. 2016.
13. Benetti F, Lemos CAA, de Oliveira Gallinari M, Terayama AM, Briso ALF, de Castilho Jacinto R, et al. Influence of different types of light on the response of the pulp tissue in dental bleaching: a systematic review. Clin Oral Investig. 2018 May 1;22(4):1–14.
14. B Ozturk, AN Ozturk, A Usumez, S Usumez, F Özer. Temperature Rise During Adhesive and Resin Composite Polymerization with Various Light Curing Sources. Oper Dent [Internet]. 2004 Mar 29;29:87–94. Available from: <http://meridian.allenpress.com/operative-dentistry/article-pdf/29/3/1/1819338/1559-2863-29-3-1.pdf>
15. Baldissara P, Catapano S, Scotti R. Clinical and histological evaluation of thermal injury thresholds in human teeth: a preliminary study. J Oral Rehabilitation. Italy; 1997.

16. Aquino Valverde AJ. Efectividad de fotopolimerización usando lámparas led: Una revisión de la literatura. *Revista Científica Odontológica*. 2022 Sep 29;10(3):e120.
17. Bender IB, Znach L, Cohen G, York N, Neill J. Endodontics American Association of Endodontists Pulp response to externally applied heat. 1965.
18. Farzaneh M, Abitbol S, Friedman S. CLINICAL RESEARCH Treatment Outcome in Endodontics: The Toronto Study. Phases I and II: Orthograde Retreatment. 2004.
19. Price RB, Ferracane JL, Shortall AC. Light-Curing Units: A Review of What We Need to Know. Vol. 94, *Journal of Dental Research*. SAGE Publications Inc.; 2015. p. 1179–86.
20. Ayar MK, Demirbas HG, Yesil Ö. Effects of High-Intensity Light Curing Devices and Resin Adhesive System on Repair Strength of Amalgam with Resin Composite. *Materials science (Medziagotyra)*. 2022 Dec 2;28(4):482–6.
21. Slack WE, Yancey EM, Lien W, Sheridan R, Phoenix R, Vandewalle K. Effect of high-irradiance light curing on exposure times and pulpal temperature of adequately polymerized composite. *Dent Mater J*. 2020;39(6):1–9.
22. Mouhat M, Mercer J, Stangvaltaite L, Örtengren U. Light-curing units used in dentistry: factors associated with heat development—potential risk for patients. *Clin Oral Investig*. 2017 Jun 1;21(5):1687–96.
23. Soh MS, Yap AUJ. Influence of curing modes on crosslink density in polymer structures. *J Dent*. 2004 May;32(4):321–6.

24. Yoshino F, Yoshida A. Effects of blue-light irradiation during dental treatment. Vol. 54, Japanese Dental Science Review. Elsevier Ltd; 2018. p. 1–9.
25. Peutzfeldt A, Sahafi A, Asmussen E. Characterization of resin composites polymerized with plasma arc curing units [Internet]. Available from: www.elsevier.com/locate/dental
26. Manuel A, Gil C, Montenegro Y, Li O, Álvarez J, Iii R. Historical evolution of light-cure lamps (photo polymerization's lamps). Revista Habanera de Ciencias Médicas [Internet]. 2016 [cited 2024 Apr 13];15(1):1–9. Available from: <http://scielo.sld.cu>
27. Ali Hasan SA, Al-Shami IZ, Al-Hamzi MA, Alwadai GS, Alamoudi NA, Alqahtani SA, et al. Evaluation of Radiant Power of the Light Curing Units Used in Clinics at Governmental and Privates Dental Faculties. Medical Devices: Evidence and Research. 2024;17:301–10.
28. Soler S, Gómez E, Profesor A, La AF. La fotopolimerización en 2002.
29. Maucoski C, Price RB, Arrais CAG. Irradiance from 12 LED light curing units measured using 5 brands of dental radiometers. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry. 2023 Sep 1;35(6):968–79.
30. Zarpellon DC, Runnacles P, Maucoski C, Coelho U, Rueggeberg FA, Arrais CAG. Controlling in vivo, human pulp temperature rise caused by LED curing light exposure. Oper Dent. 2019;44(3):235–41.

Anexos – Fotografías/Gráficos/Esquemas

Fig 1 y 2 Termometro digital y Radiometro dental



Adjuntar fotografías clínicas, gráficos o esquemas como complemento del contenido del reporte. Todas deben tener título y descripción numerada como pie de foto. Realice modificación del tamaño de la imagen si es necesario y adjunte original en archivos separados nombrados secuencialmente. No modifique las proporciones de las imágenes. Recuerde citar en el cuerpo del reporte.

Anexos – Tablas

Tabla 1 Definición operacional de las variables

Nombre	Definición	Tipo de variable / escala de medición	Valores posibles	Fuente
Tipo de luz	Establece la diferencia e identifica el origen del tipo de luz según la generación de la lámpara de fotocurado.	Cualitativa / nominal	LED/ Halógena	Instrumento de recolección de datos.
Irradiancia Lumínica	Energía en expresión radiométrica	Cuantitativa / de razón	mW/cm ² al momento del diagnostico	Instrumento de recolección de datos.
Punta Activa (Fibra óptica)	Extremo de la fibra óptica por el que sale el impulso luminoso luego de ser transmitido por el filamento	Cualitativa / Nominal	Buen estado Contaminada y Rayada Fracturada Rayada	Instrumento de recolección de datos.

Mango (Fibra Óptica)	Filamento de material dieléctrico, capaz de conducir y transmitir impulsos luminosos de uno a otro de sus extremos	Cualitativa / Nominal	Hay Integridad No hay Integridad	Instrumento de recolección de datos.
Botones	Pieza pequeña circular que forma parte de un elemento electrónico que al presionarla activa su función, por tal motivo, si al presionar no cumple su función, se considera su funcionamiento incorrecto.	Cualitativa / Nominal	Correcto funcionamiento Funcionamiento incorrecto	Instrumento de recolección de datos.
Calor	energía transferida de un sistema a otro (o de un sistema a sus alrededores) debido a una diferencia de temperatura entre ellos	Cuantitativa continua/ de razón	°C	Instrumento de recolección de datos

Tabla 2.

	n	Media	Desv Std	Minimo	Máximo	P-VALOR MIN	P-VALOR- MAX
T-MODO normal	15	52,83	7,37	34	63,1	0,000	0,000
T-MODO medio	6	54,8	5,73	49,8	62	0,001	0,004
T-MODO alto	13	54,72	5,03	46,7	64,7	0,000	0,000
T-MODO turbo	2	59,35	11,95	50,9	67,8	0,230	0,304
T-MODO ortho	5	55,22	12,3	43,6	70,3	0,030	0,090
T-MODO soft	2	53,35	7	48,4	58,3	0,187	0,284
T-MODO pulso	2	45,95	0,35	45,7	46,2	0,018	0,054
T-MODO low	1	50,8	.	50,8	50,8		
T-MODO ultra	1	63,7	.	63,7	63,7		

Tabla 3.

	N	Media	Desv Std	Mínimo	Máximo	P-VALOR MIN	P-VALOR- MAX
I-MODO normal	15	1014,86	191,89	611,8	1262,3	0	0,002
I-MODO medio	6	1501,63	10,44	1491,5	1521	0	0
I-MODO alto	12	2016,26	384,88	1200,3	2427,5	0	0
I-MODO turbo	2	2838,65	31,32	2816,5	2860,8	0,006	0,009
I-MODO ortho	5	2332,78	788,07	1016,8	3013,5	0,005	0,032
I-MODO soft	2	1010,3	12,02	1001,8	1018,8	0,009	0,029

I-MODO pulso	2	1003	2,83	1001	1005	0,002	0,006
I-MODO low	1	593	.	593	593		
I-MODO ultra	1	2282	.	2282	2282		

Tabla 4.

		T_MODO1	I_MODO1
T-MODO normal	Correlación de Pearson	1	0,432
	Sign. (2-colas)		0,107
	N	15	15
I-MODO normal	Correlación de Pearson	0,432	1
	Sign. (2-colas)	0,107	
	N	15	15

Tabla 5.

		T_MODO3	I_MODO3
T-MODO alto	Correlación de Pearson	1	0,586
	Sign. (2-colas)		0,045
	N	13	12
I-MODO alto	Correlación de Pearson	0,586	1
	Sign. (2-colas)	0,045	
	N	12	12