

GRADO DE POLIMERIZACIÓN DE RESINAS COMPUESTAS CON LUZ HALOGENA Y LUZ EMITIDA POR DIODOS DEPENDIENDO DEL TIPO DE RESINA Y EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN

COLEGIO ODONTOLÓGICO COLOMBIANO ESPECIALIZACIÓN EN PROSTODONCIA

Enríquez, A. Rincón, A.*
Guzmán, A. **
Hurtado, C. ***
Hernández, L. ****

RESUMEN

Objetivo: Comparar el grado de polimerización de dos resinas compuestas (empacable, híbrida) con dos fuentes de luz (Luz emitida por diodos y halógena) y dos tiempo de exposición (20" y 40").

Materiales y métodos: Este estudio es un estudio experimental in vitro aleatorizado, con un muestreo probabilístico aleatorio. 80 especímenes diseñados con un molde de acero inoxidable de 2mm de espesor y 8mm de diámetro se fotopolimerizaron según el grupo en que se encontraba con las resinas, fuente de luz y tiempo de exposición respectivamente. Se calibraron las lámparas y se realizó un estudio piloto para calcular errores de diseño y la prueba de microdureza Vickers (VHN) a una carga de 300 Kgs, utilizando un indentador de microdureza vickers **LECO® M-400 A MICROHARDNESS TESTER (OBJ. LENS-55X)**. Tabulación de datos con Excell, se depuro y proceso con un paquete estadístico para ciencias sociales SPSS. Versión 10 y una prueba ANOVA Paramétrica.

Resultados: Al analizar los datos de los especímenes con una prueba de ANOVA PARAMETRICA, para lámpara halógena, resina empacable 20" el promedio fue de 66.45 con DS 1,09. LED's con resina empacable 20" el promedio fue de 85.81 con DS de 1,68. Lámpara halógena, resina híbrida 20" el promedio fue de 134.5 con DS de 1,96. Para LED's, resina híbrida, 20" el promedio fue de 129,63 y una DS de 6,7. Lámpara halógena, resina empacable, 40" el promedio fue de 79.34 y DS de 3,57. Lámpara LED's, resina empacable, 40" el promedio fue de 79,64 y una DS de 2,3. Lámpara halógena, resina híbrida 40" el promedio fue de 119.33 y una DS de 4.22. Lámpara LED's, resina híbrida, 40" el promedio fue de 130,86 y una DS de 4,47.

Conclusiones: En el análisis factorial se encontró que el efecto principal fue el tiempo y el menor efecto fue el tipo de lámpara empleada, en lámparas halógenas el efecto de la resina no es significativo, pero los tiempos y la interacción de resina tiempo si es significativo. En la lámpara LED's el efecto de las resinas no es significativo pero el efecto de los tiempos y de la interacción de los factores resina y tiempo si es significativo. En las resinas empacables se observaron los valores de dureza menores.

Palabras Claves: Resinas, microdureza, polimerización, Vickers, tiempo.

ABSTRACT

Objective: Verifying the grade of polymerization of two composite resins (packable, hybrid) with two light sources (Light emitted by diodes and halogen) and two time of exposure (20" and 40").

Materials and methods: This study is an experimental, in vitro randomized. 80 specimens designed with a mold of stainless steel of 2mm of thickness and 8mm of diameter fotopolimerized according to the group in that he/she met respectively with the resins, light source and time of exposure. The lamps were gauged and it was carried out a study pilot to calculate design errors and the microhardness test Vickers (VHN) with load of 300 Kgs, using a tester of microhardness Vickers **LECO® M-400 TO MICROHARDNESS TESTER (OBJ. LENS-55X)**. The data were analyzed by ANOVA and Bonferroni tests.

Results: When analyzing the data of the specimens with a test of PARAMETRIC ANOVA, for halogen lamp, resin packable 20" the average was of 66.45 with DS 1,09. LED's with resin packable 20" the average was of 85.81 with DS 1,68. Halogen lamp, hybrid resin 20" the average was of 134.5 with DS 1,96. For LED's, hybrid resin, 20" the average was of 129,63 and a DS 6,7. Halogen lamp, resin packable, 40" the average was of 79.34 and DS of 3,57. LED's lamp, resin packable, 40" the average was of 79,64 and a DS 2,3. Halogen lamp, hybrid resin 40" the average was of 119.33 and a DS 4.22. Lamp LED's, hybrid resin, 40" the average was of 130,86 and a DS 4,47.

Conclusions: In the factorial analysis it was found that the main effect was the time and the smallest effect was the type of lamp, in halogen lamps the effect of the resin is not significant, but the time and the interaction resin-time it is significant. In the lamp LED's the effect of the resins is not significant but the effect of the time and of the interaction of the factors resin and times it is significant.

Keywords: Composite, microhardness, polymerization, Vickers, time.

*Investigadores Odontólogos residentes de postgrado de Prostodoncia

**Asesor Científico

*** Asesor Metodológico

****Asesor Estadístico.

INTRODUCCION

¿Cuál es el grado de polimerización de resinas compuestas con luz halógena y luz emitida por diodos dependiendo del tipo de resina y tiempo de exposición? Este estudio es importante porque constituye una herramienta en la determinación de los valores de polimerización de las lámparas LED'S (luz emitida por diodos) y halógena con una selección de resinas compuestas fotoactivadas, determinando el grado de dureza de superficie al polimerizarlas, en determinados tiempos de exposición.

Históricamente el método original de polimerización de resinas compuestas ha sido por la combinación de aminas terciarias y peróxido de benzoilo o combinaciones similares que actúan como una fuente de radicales libres para iniciar la polimerización.⁽¹⁾

Hoy día las resinas compuestas activadas por la luz ultravioleta se reemplazaron por el sistema activado por una luz visible la cual tiene capacidad de polimerizar espesores mayores a 2mm. Actualmente están disponibles lámparas con mayor intensidad y menor tiempo de exposición, pero no es claro si la reducción en el tiempo de exposición compromete las propiedades mecánicas y físicas de las resinas.

En el campo investigativo han surgido muchos planteamientos teóricos que sostienen que la activación rápida aumenta la fragilidad, contracción y tensión lo cual disminuye las propiedades físicas del material.^(2,3) La polimerización ocurre a través de una serie de reacciones químicas en las cuales las macromoléculas o el polímero está formado de un gran número de moléculas conocidas como monómeros. Las resinas dentales solidifican cuando polimerizan⁽²¹⁾.

Biológicamente, es importante conocer que la polimerización no se completa y que las moléculas de monómero residual pueden ser guiadas desde los materiales polimerizados. Estos componentes de bajo peso molecular algunas veces causan reacciones adversas, principalmente reacciones alérgicas. El proceso de polimerización ocurre en cuatro

etapas: inducción, propagación, terminación y cadena de transferencia.⁽²¹⁾

Para iniciar el proceso de polimerización (inducción), los radicales libres deben estar presentes. Los radicales libres pueden ser generados por activación de las moléculas de monómeros con luz ultravioleta, con luz visible, calor o transferencia de energía desde otro tipo de componentes que actúan como radicales libres. Este método de polimerización depende de la formación de un componente con un electrón impar (radical libre), un fragmento de gran molécula que se ha dividido por calentamiento. El electrón impar hace al radical muy reactivo. Los procesos de polimerización útiles para las resinas comúnmente son activados por uno de los tres procesos: calor, químico o luz. Durante la activación por luz los fotones activan al iniciador (camforoquinonas, aminas terciarias o diquetonas) generando radicales libres que, en cambio, pueden iniciar el proceso de polimerización. Para activar esta reacción, se necesita luz de longitud de onda cercana a 470nm.⁽²¹⁾

Las reacciones en cadena continúan con la evolución del calor hasta que todo el monómero se haya convertido a un polímero. Sin embargo la polimerización nunca se completa. Durante la terminación la reacción en cadena puede terminarse por acoplamiento directo o por intercambio de un átomo H₂ de una cadena en crecimiento a otra. En otras palabras, ambas moléculas se combinan y se desactivan por intercambio de energía.⁽²¹⁾

El grado de polimerización varía con las condiciones de temperatura, método de activación, tipo de iniciador, concentración del iniciador, purificación de los químicos y factores similares. En cuanto a la profundidad de activación, puede estar relacionada a la composición de los monómeros y oligómeros usados en resinas. En las superficies superiores el relleno, el tipo de monómero, el color de la resina y el tiempo de exposición, son los factores más influyentes, pero en la superficie profunda, los factores más influyentes en la polimerización son la intensidad de la luz y el tiempo de exposición, que se relaciona directamente con el coeficiente de transmisión del material.⁽¹⁹⁾

La conversión del monómero a polímero depende de varios factores, como la compresión de la resina, la transmisión de luz a través del material y la cantidad de activador iniciador e inhibidor presentes. La transmisión de la luz a través del material se controla por la absorción y distribución de la luz por las partículas de relleno o cualquier estructura del diente interpuesta entre la fuente de luz y el compuesto. ^(21, 22)

Entre los mecanismos para maximizar la polimerización está verificar los componentes de polimerización y la intensidad de la salida de la luz, lámparas en buen estado, filtros y fibras ópticas intactas y limpias son esenciales en el proceso de polimerización. ⁽²⁹⁾

En la medición de la profundidad de la polimerización la dureza es una medida de polimerización efectiva y se usa muy frecuentemente para medir el grado de conversión monómero / polímero y de la profundidad de polimerización. De los efectos de la variación del voltaje depende la profundidad de polimerización. El voltaje fluctúa constantemente más o menos 10 a 15 voltios y varía de acuerdo con la distancia entre los transformadores de la calle y la conexión utilizada. Variaciones de voltaje en el orden de 10 voltios pueden significar una disminución de la polimerización en un 30%, con la consecuencia de menor profundidad de polimerización. ⁽³⁰⁾

Las lámparas halógenas producen un flujo predominante entre los 400 y 500nm. Se ha recomendado un mínimo de variación de 280 a 300 mw/cm² que es lo mínimo requerido para la polimerización efectiva de las resinas compuestas. Esta densidad de energía se mejora con lámparas LED's que tiene una onda continua. La reducción del consumo de energía de la LED's produce suficiente luz para polimerizar a profundidades similares a las conseguidas con las halógenas. ⁽⁶⁾

Las lámparas halógenas, son los dispositivos de polimerización dental empleados con mayor frecuencia, emiten un espectro continuo del cual solo una pequeña parte puede ser usada para la iniciación de la polimerización. Una gran porción de la luz

emitida es de una longitud de onda no efectiva y ésta debe de ser filtrada. ⁽²⁹⁾

El más reciente desarrollo en lámparas de fotopolimerización son las lámparas de luz emitida por diodos. Son lámparas del tipo luminiscente basadas en la utilización de materiales semiconductores que poseen la propiedad de polarizarse al ser atravesados por la corriente eléctrica emitiendo energía óptica en forma de luz visible (fenómeno de electroluminiscencia). El color de la luz emitida (longitud de onda) depende del tipo de semiconductor utilizado en la confección del V-LED. Las ventajas de este sistema incluyen muy bajo peso; no necesitan refrigeración; no producen calor, por lo tanto son de libre mantenimiento, bajo consumo de energía permitiendo el uso de batería que evita la presencia molesta del cable. ⁽¹⁾

Fig. 1 Lámparas de luz emitida por diodos (LED's)



[www. 3M ESPE.com.co](http://www.3M ESPE.com.co)

A diferencia de las lámparas halógenas, los LED's (Diodos Emisores de Luz) producen una luz azul por vía de una combinación de diferentes semiconductores. ⁽¹⁾

Las investigaciones hechas por Fujibayashi y col, han demostrado que a una respectiva intensidad de luz de 100 mW/cm², la profundidad de polimerización y el rango de conversión de monómero de la resina fueron significativamente mejorados con un LED al ser comparado con una lámpara halógena. ⁽¹⁾

En la lámpara de fotopolimerización LED's inalámbrica, la luz es producida por medio de 19 LED's los cuales se encuentran alineados en tres planos consecutivos. La distancia entre los planos, los ángulos de emisión de los conos de luz y los ángulos sobre los

cuales se colocan los LED's son escogidos para permitir que los rayos de luz entren a la cara posterior de la guía de luz lo más directo posible. ⁽³⁾

Las resinas simples, fueron desarrolladas en Alemania desde 1930 aproximadamente, compuestos de monómero y polímero de metil-metacrilato y como los silicatos, sus propiedades físicas fueron severamente limitadas para desempeñarse como restauraciones directas. ⁽²⁹⁾

Poseían una alta tasa de contracción de polimerización (7%) y un alto coeficiente de expansión térmica, con relación a los tejidos dentarios ocasionando una adaptación marginal deficiente. Su baja resistencia a la abrasión y alta absorción de agua causaron ablandamiento y con una estabilidad de color deficiente, constituyéndose en una serie de desventajas de muy alto riesgo clínico. ⁽²⁹⁾

Ante esas desventajas, surgieron las resinas compuestas en 1962. La resina compuesta puede ser definida como una combinación de materiales, generalmente formada por dos constituyentes que son insolubles entre si, formando un material resultante con propiedades generalmente superiores a las de sus constituyentes originales. Las resinas compuestas se encuentran disponibles en odontología hace 35 años pero, su desarrollo como material restaurador empezó a finales de los 50, cuando Bowen comenzó sus investigaciones reforzando resinas epóxicas con partículas de carga Alcanzó su éxito mayor cuando la molécula orgánica de Bis-GMA fue desarrollada, a través de la combinación de las ventajas de las resinas epóxicas y de los acrilatos. El Bis-GMA satisfice plenamente las funciones como matriz resinosa de una resina compuesta que revoluciona el campo de la restauración de dientes anteriores, sustituyendo rápidamente los silicatos y las resinas acrílicas. ⁽²⁹⁾

Las resinas compuestas poseen cuatro componentes básicos más importantes: una matriz resinosa constituida por monómeros diacrilatos alifáticos o aromáticos, siendo el Bis-GMA y el UDMA las más frecuentemente utilizadas. Los monómeros más utilizados son los dimetacrilatos tales como el TEGDMA, el cual proporciona mejores

características de manipulación, iniciadores de polimerización físicos o químicos, una fase dispersa de cargas y colorante y un agente de cobertura de las partículas de carga que es el silano, es el material responsable por la unión de las partículas de carga a la matriz resinosa es muy importante en lo que se refiere a la mejora de las propiedades físicas y mecánicas ya que ofrece una transferencia de tensiones de la fase que se deforma más fácilmente(matriz) a la mas rígida (carga). ⁽²⁹⁾

Las resinas híbridas ofrecen la mejor combinación de las ventajas de macrorrelleno y las de microrrelleno. Consisten de 10-20% en peso de micropartículas de vidrio de metales pesados (0.6 a 1µm) con un porcentaje de carga total entre 75 y 80% en peso, siendo que las micropartículas pueden ser añadidas a la composición en su forma pura, en partículas prepolimerizadas o en aglomerados. Es una resina compuesta por partícula de relleno cerámico pequeñas y medianas entre 0.01 a 3 de una partícula a otra en vez de absorber la fuerza ella misma. ⁽³¹⁾

Las resinas empacables son de alta viscosidad con material de relleno de tamaño mediano, diseñadas para zonas de alto contacto oclusal. En la búsqueda de soluciones se ha propuesto la utilización de las resinas empacables las cuales tienen como base un compuesto llamado PRIMM (Polymeric Rigid Inorganic Matriz Material) es un compuesto formado por una resina (BISGMA o UDMA) y un componente cerámico de relleno (Alumina y dióxido de silicio), con una disposición estructural diferente a los rellenos de las resinas híbridas. Las fibras cerámicas del PRIMM están organizadas formando una red a manera de esqueleto rígido, lo que se traduce en una mayor resistencia al desgaste. Poseen además diluyentes, iniciadores, inhibidores y estabilizadores que las hacen menos sensibles a la luz, permitiendo un tiempo razonable de empaquetamiento. ^(14, 27)

La dureza no es una propiedad completamente definida; puede tomarse como la cualidad que tienen los elementos para presentar mayor o menor resistencia al

corte, a la abrasión, a la tracción, a la deformación, a la penetración o al rayado.

El objetivo general es verificar el grado de polimerización de resinas compuestas con luz halógena y luz emitida por diodos dependiendo del tipo de resina y el tiempo de exposición, los objetivos específicos son identificar la relación del tiempo de exposición y el grado de polimerización, comparar las dos fuentes de luz halógenas y LED's en el grado de polimerización, evaluar el grado de polimerización de resinas compuestas híbridas con luz halógena con tiempo de exposición de 20", evaluar el grado de polimerización de resinas compuestas híbridas con luz halógena con tiempo de exposición de 40", evaluar el grado de polimerización de resinas compuestas empacables con luz emitida por diodos con tiempo de exposición de 20", evaluar el grado de polimerización de resinas compuestas empacables con luz emitida por diodos con tiempo de exposición de 40", comparar las dos fuentes de luz halógenas y LED's en el grado de polimerización.

Especialmente es la resistencia a la penetración en lo que se basan la mayoría de los ensayos normalizados de dureza.⁽¹⁸⁾ La escala de dureza Vickers es especialmente usada en trabajos de investigación y la ventaja sobre las demás, consiste específicamente en que permite tomar durezas en materiales muy duros y muy blandos sin cambiar de método.

MATERIALES Y METODOS

El tipo de estudio Experimental in vitro aleatorizado. Se examinaron 80 especímenes de resina compuesta híbrida y empacable diseñados con un molde de acero inoxidable de 8mm de diámetro y 2mm de profundidad. Se formaron así 8 grupos de 10 especímenes cada uno con las mismas características dadas por la fuente de luz, la resina y el tiempo de exposición.

Grupo 1. Lámpara halógena, resina empacable 20". Grupo 2. Lámpara LED's, resina empacable 20". Grupo 3. Lámpara halógena, resina híbrida 20". Grupo 4. Lámpara LED's, resina híbrida 20". Grupo 5.

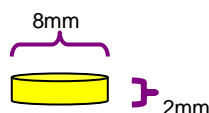
Lámpara halógena, resina empacable 40". Grupo 6. Lámpara LED's, resina empacable 40". Grupo 7. Lámpara halógena, resina híbrida 40". Grupo 8. Lámpara LED's, resina híbrida 40".

La variable dependiente fue la dureza. Las variables independientes fueron el tipo de lámpara (Lámpara halógena y lámpara LED's), tipo de resina (resina híbrida y resina empacable) y tiempo de exposición (20" y 40"). Las variables intervinientes controladas fueron el tiempo de uso de la lámpara, profundidad de polimerización, el voltaje, tamaño del espécimen y la distancia de la polimerización. Tenemos entonces si $p < 0,05$ hay una diferencia significativa entre los grupos. Observamos que $p < 0.002$, lo que confirma que si hay una diferencia significativa entre los grupos

Elaboración de los especímenes

Los especímenes se realizaron en moldes de acero inoxidable con un diámetro de 8mm y 2mm de profundidad

Fig. 2 Diseño del espécimen



Descripción del procedimiento

Se lubricó el molde con una silicona en spray, se frotó bien con un pañito retirando los excesos dejando justo una capa delgada. Se colocó el molde de acero inoxidable encima del portaobjeto. Se empacó la resina en el molde con el instrumento FP3, para impedir las burbujas de aire alrededor, se inició hacia el centro del molde y cuidadosamente se presionó hacia los lados; se incorporó evitando que la resina se plegara sobre si misma. Se mantuvo siempre una presión. Se retiraron los excesos usando un bisturí. Se puso este instrumento en el centro llevándolo hacia el borde del molde. Se colocó el acetato sobre el molde y se hizo presión con una prensa. La resina debajo

ligera desde el instrumento hacia los lados del molde para impedir que la resina se alejara de las paredes y evitar la formación de burbujas del acetato presentó un aspecto uniforme y liso. Se ubicó la lámpara sobre la resina apoyándola sobre el plano del portaobjeto. (Distancia resina-lámpara: 2mm). Se fotoactivó la resina según los tiempos establecidos en el estudio (20" y 40"). Este procedimiento se repitió para cada tipo de resina con cada una de las lámparas del estudio. Cada espécimen se rotuló según resina, lámpara y tiempo. Sobre la hoja de registro se llenó los siguientes datos: tipo de resina, tipo de lámpara y tiempo de fotoactivación. Se retiró el acetato y el portaobjeto. Se retiró el espécimen del molde. Se colocaron los especímenes con la superficie superior hacia arriba. Se midió y registró con el durímetro de Vickers en el centro del espécimen y a dos sitios adicionales desde el centro a lo largo del mismo diámetro. Se registrarán las medidas como T¹ (indentación en el centro), T² y T³.

Prueba Piloto. Se realizó una muestra aleatoria de manera que cada una de las unidades del objeto de estudio tenga igual oportunidad de ser incluida en ella. Esta muestra se seleccionó enumerando todas las unidades del marco del muestreo en número sucesivos desde 1 hasta N: de la siguiente forma: 001, 002, 003...080. Se usan ceros antes de cada cifra significativa para igualar el número de dígitos. La unidad seleccionada debe tener una cifra de enumeración comprendida entre 1 y el número asignado a la última unidad del universo de estudio. El propósito de esta prueba piloto fue evaluar el diseño del molde de acero inoxidable para elaborar los especímenes, calibrar las lámparas, calibrar el durímetro de Vickers, realizar pruebas de dureza antes de las pruebas definitivas; para evaluar la factibilidad de llevar a cabo la investigación y ver los posibles inconvenientes que se pueden presentar a lo largo de esta. La prueba arrojó los siguientes resultados:

Tabla 1. Resultados prueba Piloto Resina Empac.

Lámpara Halógena Resina Empacable Tiempo 20"			Lámpara Halógena Resina Empacable Tiempo 40"		
T1	T2	T3	T1	T2	T3
67	73	72	77		84
			83		

Tabla 2 Resultados prueba piloto Resina Híbrida

Lámpara Halógena Resina Híbrida Tiempo 20"			Lámpara LED's Resina Híbrida Tiempo 20"		
T1	T2	T3	T1	T2	T3
138	136	133	119	116	123

PRUEBA DE MICRODUREZA

La prueba de microdureza Vickers (VHN) a una carga de 300 Kgs, utilizando un indentador de microdureza vickers **LECO® M-400 A MICROHARDNESS TESTER (OBJ. LENS-55X)** El indentador en el método Vickers es una pirámide de diamante de base cuadrada y un ángulo de 136°. Se colocaron los especímenes en el durímetro, se eligió el lugar de las 3 indentaciones. Se hicieron las indentaciones a 300 kgs y se llevaron al analizador de imágenes donde se realizaron las medidas de las indentaciones.

En el análisis estadístico se procedió a la sistematización de la información en el programa Excel versión 2000, se depuró y procesó en el paquete estadístico para ciencias sociales SPSS, versión 10.

La prueba que se realizó para analizar los resultados del estudio fue ANOVA de dos vías paramétrica, se usó ANOVA de 2 vías por lo que hay 2 variables con cada lámpara, se escogieron para cada lámpara la combinación de resina y tiempo; luego se realizó una comparación múltiple de promedios con la prueba de Bonferroni.

RESULTADOS

Una vez se llevaron a cabo las pruebas de dureza, se obtuvieron los resultados ver anexo 1, los cuales fueron la base para realizar el análisis estadístico. Se realizó un promedio de las tres indentaciones. Tabla 2.

Tabla 3. Promedio de las tres lecturas a 20"

Halog.emp.20	LED emp.20	Halog. hib.20"	LED hib. 20"
68	88,3	137	121,3
65	84	131,6	137
66	86	135	121
66,3	85	131	124
65,3	83,3	135,3	133,6
65,3	85,3	133,6	135,6
67	82,3	134	133,3
67,3	86,3	135,6	122,6
68	86	136,3	137,3
66,3	85,3	135,6	130,6

Se observó que el promedio de mayor dureza se dio en lámpara halógena, resina híbrida a 20" y el promedio de menor dureza fue halógena empacable a 20"

Tabla 4. Promedio de las tres lecturas a 40"

Halog.emp.40	LED emp.40	Halog.hib.40	LED hib.40
83,3	81	119,6	137
72,3	76	115,3	127,6
78,3	77,3	114,3	126
81,3	79,6	123	128,6
80,3	77,3	123,3	136
77,3	80	118,3	127,3
75	79	125,3	132,6
82	81,3	116,3	126,6
81	83,6	114,3	129,6
82,6	81,3	123,6	137,3

Se observó el mayor promedio de dureza en lámpara LED's, resina híbrida a 40" y el menor promedio en lámpara halógena resina empacable a 40"

Análisis factorial

Efecto principal: Tiempos
 Segundo efecto: Resinas
 Efecto menor: Lámparas

Tabla 5. ANOVA de dos vías para resina Vs. tiempo Lámpara halógena

ANOVA DE DOS VIAS PARA RESINA Vs. TIEMPOS LÁMPARA HALÓGENA

N filas = 20	n cols = 20	N bloq = 10	N = 40
--------------	-------------	-------------	--------

Fuente de variación	d.c.	g.l.	s.c.	F	P
Entre filas (resinas)	12,996	1	12,996	1,4	0,596
Entre columnas(tiempo) ^(*)	29181,6	1	29181,6	1597,24	2,00E-31
Interacción resina-tiempo ^(*)	1968,41	1	1968,41	107,7	2,00E-12
Residual	657,73	36	18,27		
TOTAL	31820,736	39			

^(*)El efecto de las resinas no es significativo; los tiempos y la interacción son muy significativos

d.c.= Diferencia cuadrática F= Parámetro de Fisher
 g.l.= Grado de libertad p= Probabilidad
 s.c.= Suma cuadrática

Tabla 6. ANOVA de dos vías para resina Vs. tiempo lámpara LED's

ANOVA DE DOS VIAS PARA RESINA vs TIEMPOS Lamp.LED

n filas = 20	n cols = 20	n bloq = 10	N = 40
--------------	-------------	-------------	--------

Fuente de variación	d.c.	g.l.	s.c.	F	P
Entre filas (resinas)	46,44	1	46,44	2,54	0,1197
Entre columnas-tiempos ^(*)	22881,87	1	22881,87	1252,4	1,00E-29
Interacción ^(*) resina-tiempo	114,58	1	114,58	6,27	0,0169
Residual	657,73	36	18,27		
TOTAL	23700,62	39			

^(*) El efecto de las resinas en esta lámpara no es significativa. La interacción si es significativa

El procedimiento estadístico a ser utilizado para dar solución a las hipótesis propuestas fue el análisis de varianza de dos vías paramétrica con un diseño completamente

aleatorizado, a un nivel de significancia de 0,05. Tabla 5, tabla 6.

Tabla 7. Comparación múltiple de promedios Bonferroni

PROMEDIOS COMPARADOS	P significativa < 0.002	
	P	Significado
Halógeno Emp. 20 vs LED Emp. 20	5.4 E-15	S
Halógeno Emp.20 vs Halog Hibrid 20	2.6 E-21	S
Halógeno Emp. 20 vs LED hibrida 20	1.2 E-10	S
LED Emp. 20 vs halóg.hibrid 20	7 E-22	S
LED Emp. 20 vs LED.hibrida 20	1.5 E-9	S
Halog hibrida.20 vs LED hibrida 20	0,05058	NS
Halógeno Emp. 40 vs LED Empac. 40	0,8261	NS
Halógena Emp. 40 vs Halog Hibrida 40	1.7 E-14	S
Halógeno Emp. 40 vs LED hibrida 40	7 E-16	S
LED Emp 40 vs Halóg.hibrida 40	3,00E-13	S
LED Emp. 40 vs LED.hibrida 40	4 E-14	S
Halog hib.40 vs LED hibrida 40	1,30E-05	S
Halog Emp. 20 vs Halog Emp. 40	3.9 E-7	S
LED Emp. 20 vs LED Emp 40	1.2 E-5	S
Halógeno hibrid 20 Vs halógeno hibrid 40	1,50E-07	S
LED hybrid 20 vs LED hybrid 40	0,6359	NS
Halog.EMP. 20 vs LED Emp. 40	5.4 E-10	S
Halog.EMP. 20 vs Halog.hib. 40	2,00E-12	S
Halog.EMP. 20 vs LED hib. 40	7,00E-13	S
LED Emp.20 vs Halog hib. 40	0,00044	S
LED Emp. 20 vs LED hib. 40	2,40E-11	S
Halog hib 20 vs LED hib. 40	3,58E-02	NS
Halog. Hib.20 vs LED hib. 40	2,50E-12	S
LED hib 20 vs LED emp.20	3 E-16	S
LED hib 20 vs Halog.hib.20	5,06E-02	NS

S: Significativo NS: No significativo

Luego en la diferencia significativa en los grupos se aplicaron pruebas de comparación de rangos múltiples de promedios de Bonferroni. Tabla 7. En la prueba de Bonferroni $S = p < 0.002$ es significativa.

En cuanto a la comparación de los promedios de acuerdo a la prueba de Bonferroni tenemos si p es menor a 0,05 es significativa porque p es menor que 0,05.

Al comparar los promedios con la prueba se encontró que las siguientes diferencias no son significativas:

Grupo 3 - Grupo 4
Halógena-híb-20" Vs LED's-hib-20"

Grupo 5 - Grupo 6
Halógena-emp-40" Vs. LED's-emp-40".

Grupo 4 - Grupo 8
LED's-hibrida-20" Vs. LED's-hibrida-40".

Grupo 3 - Grupo 8
Halógena-híbri-20" Vs. LED's hibrida-40"

Grupo 4 - Grupo 3
LED's hibrida-20" Vs. Halógena-híbrida20"

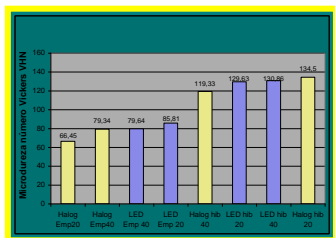
Tabla 8. Resultados por grupo

	Halog Emp20	LED Emp 20	Halog hib 20	LED hib 20
Promedio	66,45	85,81	134,5	129,63
desv.std.	1,09	1,68	1,96	6,7
	Halog Emp40	LED Emp 40	Halog hib 40	LED hib 40
Promedio	79,34	79,64	119,33	130,86
desv.std.	3,57	2,3	4,22	4,47

Los promedios de dureza más altos se observaron en LED's-Hibrida-40" y Halógena- Híbrida -20"

Gráficamente se puede observar el comportamiento y la comparación entre los promedios de dureza entre los grupos y su desviación estándar, representados por la línea vertical de cada columna. Tabla 9.

Tabla 9. Promedios ordenados de dureza



Se encontraron promedios similares de microdureza entre la lámpara halógena con resinas empacables a 40" Vs. lámpara LED's con resina empacable a 40" y lámpara LED's con resina híbrida a 20" Vs. lámpara LED's con resina híbrida a 40".

DISCUSIÓN

Las resinas compuestas se introdujeron en los 70 revolucionando la odontología clínica maximizando el tiempo de trabajo y minimizando el tiempo en el sillón. Los métodos y dispositivos para preparar resinas han involucrado cambios que van desde la polimerización química hasta el moderno método de fotopolimerización; por muchos años la lámpara halógena ha sido ampliamente utilizada con relación a otros dispositivos por ser una alternativa práctica para la polimerización de la resina. ⁽¹⁾

Las resinas solidifican cuando polimerizan, la polimerización ocurre a través de una serie de reacciones químicas en las cuales las macromoléculas o el polímero es formado de un gran número de moléculas conocidas como monómeros. ⁽³⁰⁾

Así como se han estudiado sistemas que reducen la contracción de polimerización, se ha investigado la relación del grado de conversión monómero-polímero. ⁽³²⁾ Largas exposiciones se han utilizado para mejorar las propiedades de los materiales. ⁽³³⁾

Las lámparas halógenas, son los dispositivos de polimerización dental empleados con mayor frecuencia, emiten un espectro continuo del cual solo una pequeña parte puede ser usada para la iniciación de la polimerización. Una gran porción de la luz emitida es de una longitud de onda no efectiva y ésta debe de ser filtrada. A pesar de que la longitud de onda remanente llegue a la cavidad, esta luz es de ninguna forma o

solo parcialmente, efectiva para promover la polimerización. También puede causar un aumento. ⁽²⁹⁾

La profundidad de activación se ve afectada en numerosas publicaciones de una manera subjetiva, ya que algunos autores reportan que la intensidad aumentada al doble de las unidades de polimerización actuales incrementan la profundidad de activación aproximadamente en un 15%, pero a profundidades de 4.5mm las diferentes intensidades de luz ya no tienen diferencias significativas. Las resinas responden de una manera en cuanto a la intensidad de luz y al modo de activación. ⁽²⁰⁾

El estándar de las lámparas de polimerización LED descritas en la literatura reportan alcanzar intensidades de luz de 350 mW/cm². Los dispositivos convencionales halógenos logran intensidades mayores de dos a tres veces; sin embargo, un estudio que compara una lámpara de polimerización LED y una lámpara halógena de 755 mW/cm² reveló que no existe ninguna diferencia estadística significativa con respecto a resistencia a la flexión y módulo de elasticidad de los materiales polimerizados. Con respecto a la profundidad de polimerización con los materiales, el dispositivo LED logró ligeramente valores menores que la lámpara de polimerización halógena. ⁽¹⁾

Hasta la fecha se han realizado investigaciones independientes que permiten aseverar que propiedades mecánicas como la dureza del material, profundidad de polimerización de la resina compuesta, el grado de conversión de los monómeros libres del material, su tensión flexural, módulo de elasticidad de las resinas compuestas, así como una disminución en la liberación del calor, permiten que esta tecnología brinde alguna garantía para poder utilizarla en la práctica clínica. ^(10, 11, 12, 13)

Fujibayashi y col encontraron que la lámpara LED's produce la misma irradiación que la lámpara halógena presentando una profundidad de polimerización mayor. ⁽³⁴⁾

Las resinas usadas en este estudio son del mismo color pero de diferente composición,

se ha demostrado que la composición de una resina afecta la profundidad de polimerización, al ser las partículas de relleno más pequeñas, mayor es la polimerización, la luz alcanza a penetrar pequeñas partículas de resina, sin embargo; hay más dificultad para penetrar regiones más profundas del material y alcanzar mayores irradiaciones o el tiempo de exposición adecuado.

CONCLUSIONES

Los resultados muestran que se alcanzó mayor grado de polimerización con la lámpara halógena, resina híbrida y un tiempo de exposición de 20", estadísticamente igual al grado de polimerización alcanzado con lámpara LED's, resina híbrida y 40".

En el caso de la lámpara halógena el efecto de las resinas no es significativo pero los tiempos y la interacción de resina tiempo si es significativa. En el caso de las lámpara LED's el efecto de las resinas no es significativo pero el efecto de los tiempos y de la interacción de los factores resina y tiempo si es significativo.

De las tres variables la que más influyó fue el tiempo y la de menor influencia fue el tipo de lámpara. El comportamiento de las lámparas es diferente según el tipo de resina.

RECOMENDACIONES

- Para aclarar conceptos del grado de polimerización se recomienda realizar futuras investigaciones de tipo estudio clínico controlado para acercar más los resultados a la realidad clínica.
- Es importante realizar estudios que correlacionen dureza y grado de conversión en los tiempos mínimos de exposición.

REFERENCIAS

1. **KURACHI C., TUBOY A., MAGALHAES D., BAGNATO V.:** Hardness evaluation of dental composite polymerized with experimental LED-based devices. Dent Materials. 2001; 17-309-315.
2. **JANDT K., MILLS R., BLACKWELL G., ASHWORTH S.:** Depth of Cure and Compressive of Dental Composites Cured with Blue Light Emitting Diodes, Dentals Materials, 2000, 16; 41-47.
3. **MILLS R.W., and ASWORTH S.H.:** Dental Composite Depth Of Cure With Halogen And Blue Light Emitting Diode Technology, British Dental Journal 1999, Inglaterra Volumen 186, No 8 1.
4. **YAP A., SENEVIRATNE C.:** Influence of Light Energy Density on Effectiveness of Composite Cure, Operative Dentistry, 2001, 26, 460-466, Singapore.
5. **ERICK J., WELCH F.:** polymerization shrinkage of posterior composite resins and its possible influence on post-operative sensitivity, Quintessence International, 1986 17, 83.
6. **CAUGHMAN W.:** Clinical guidelines for photocuring restorative resins, J Amer Dent Assoc, 1995, 126: 1280-1286.
7. **MILLS R. W.:** Blue light emitting diodes- an alternative method of light curing, British Dental Journal, 1995, 178, 169.
8. **MILLS R.W., and ASWORTH S.H.:** Dental Composite Depth Of Cure With Halogen And Blue Light Emitting Diode Technology, British Dental Journal 1999, Inglaterra Volumen 186, No 8 1.
9. **FUJIBAYASHI K, ISHIMARU K, TAKAHASHI N.:** newly developed curing unit using blue light-emitting diodes, Dent. Jpn 1998, 34, 49-53.
10. **NOMOTO R. and HIRANO S.:** Effect of Non Tungsten-Halogen light curing units. J. Dent. Res. 2002; 8(sp. Iss A) Abs: 473.
11. **FAY R., And POWERS J.M.:** Mechanical properties of composite cured with LED and QTH curing units, J. Dent. Res. 2002; 81 (Sp.Iss A) Abs: 484.
12. **HARADA, CAPUTO K., and MITO R.:** Effect of light emitting diode curing on composite resin microleakage, J.Dent.Res. 2002; 81(Sp.Iss A) Abs: 485.
13. **BOUSCHLICHER M, WHALEN SR, and DAWSON D.V.:** Intrapulpal Temperature Increases with LED, QHT and plasma Arc Photoinitiation. J Dent Res.2002; 81 (Sp. Iss A) Abs: 510.
14. **GEURTSSEN W.:** Biological interaction of the resins monomer triethylenglycol-dimethacrilate (TEGDMA), The International and American Associations for Journals of Dental Research on Line, Germany 2001
15. **LUTZ F, PHILLIPS J, ROULET J.:** In vivo and in vitro wear of potential posterior composites. J. Dent. Res. 1984, 63: 914-920.

16. **KEHL, George L.:** Fundamentos de la Práctica Metalográfica, Ed. Aguilar, Madrid.
17. **Normas ASTM:** "Vickers Hardness of Materials". 2000
18. **Normas ICONTEC:** 3, 4 y 19. 2000
19. **S. C. QUANCE, A. C., SHORTALL, E. HARRINGTON, P. J. LUMLEY.** Effect of exposure intensity and post-cure temperature storage on hardness of contemporary photo-activated composites. Journal of Dentistry. 29: 553-560. 2001.
20. **G. L. UNTERBRINK, R. MUESSNER.** Influence of light intensity on restorative system. Journal of Dentistry. 23: No 3. 183-189. 1995.
21. **PHILLIPS, R.** Propiedades físicas de los materiales dentales. 1999.
22. **KALLIYANA V.** Effect of initiator concentration, exposure time and particular size of the filler upon the mechanical properties of a light-curing radiopaque dental composite. J Oral Rehabilitation. 747-751. 1998
23. **RONALD. L. SAKAGUCHI, W. H. DOUGLAS.** Curing light performance and polymerization of composite restorative materials. J Dent. 20, 183-188. 1992.
24. **KORAN P., KÜRSCCHNER.** Effects of sequential versus continuous irradiation of a light-cured resin composite on shrinkage, viscosity, adhesion, and degree of polymerization. American Journal of Dentistry. 11: 17-22. 1998
1998
25. **MURRAY-R; Fredrick, A; Daniel.** Effect of stepped light intensity on polymerization force and conversion in a photoactivated composite. Esthetic dentistry 12(19): 23-32. 2000
26. **BAGIS V., RUEGGERBERG A.** mass loss in urethane/Tegdma and BisGMA-based resin composites during post-cure heating. Dental Materials. 13: 377-380. 1997
27. **CRAIG R.** Restorative Dental Materials. 10ª Edición, Cb Mosby. 1997
28. **ANUSAVICE.** La Ciencia de los Materiales Dentales 1997
29. **CHAIN Marcelo, BARATIERI Luiz Narciso,** Restauraciones estéticas con resinas compuestas en dientes posteriores. Artes medicas Latinoamerica, 1ª edición, Brasil. 2001.
30. **O'BRIEN.** Materiales dentales. 1998.
31. **STANSBURY, J.** Cyclopolymerizable monomers for use in dental resin composite, J Dent Res. VOL 69, No 3, p 844-848. 1990
32. **ANSET Y BOWMAN.** The influence of comonomer composition on dimethacrylate resin dental composites. Journal of Dental Research. 7(8). 1607-1612. 1996
33. **MATSUMURA H, VARGA J, MASUHARA E.** Composite type adhesive opaque resin. Dent Mater J, 5:83-90. 1986.
34. **CHEN H, MANHART J, KUNZELMAN,** polymerization shrinkage of posterior composite resins and its possible influence, Dent Mater J. **1999**
34. **FUJIBAYASHI, K., ISHIMARU, K., TAKAHASHI, N.,** Newly Developed curing unit using blue light-emitting diodes. Dent Jap 1998; 34: 49-53