

Profundidad de curado de resinas con diferentes fotoiniciadores polimerizadas con dos lámparas LED*

Depth of cure of composite resins with different photoinitiators cured with two LED lamps

José Rafael Fadul Ortiz**
César Augusto Molina Sánchez***
Edwin Armando Yáñez Meza****
Luis Eduardo Luna*****

Univ Odontol 2008 Ene-Dic; 27(59): 15-22

RESUMEN

ANTECEDENTES: Se ha establecido que las lámparas LED no son viables para el fotopolimerizado de resinas que presentan fotoiniciadores diferentes a canforoquinona, debido a las diferencias entre el espectro de emisión de las lámparas y el espectro de absorción del fotoiniciador. **OBJETIVO:** Determinar la profundidad de curado de resinas con fotoiniciadores diferentes utilizando lámparas LED. **MÉTODOS:** Se realizó un diseño experimental *in vitro*; 120 muestras de resina de 2x8 y 4x8 mm se fabricaron y se dividieron en 12 grupos de 10 muestras. Se utilizó la resina Point 4 XL1 (Kerr) con fenilpropanodiona y Z100 A3 (3M ESPE) con canforoquinona. Las lámparas utilizadas fueron Elipar Freelight 2 (3M ESPE), Bluephase (IVOCLAR) y Elipar 2500 (3M ESPE). Se determinó la pro-

fundidad de curado con el durímetro de Vickers. El análisis estadístico se realizó mediante la prueba de ANOVA factorial de tres vías y la prueba H de Kruskal Wallis. **RESULTADOS:** No se encontraron diferencias significativas en la profundidad de curado obtenida con las tres lámparas ($p>0.05$). En muestras de 2x8 mm con fenilpropanodiona se obtuvo una profundidad de curado promedio de 0.3986 y 0.4027 para la parte superior e inferior respectivamente y 0.3917 y 0.3999 para muestras de 4x8 mm. En muestras de 2x8 mm con canforoquinona el promedio fue de 0.2801 y 0.2815 para la parte superior e inferior respectivamente y 0.3261 y 0.3264 para muestras de 4x8 mm. **CONCLUSIONES:** No se encontraron diferencias significativas en la profundidad de curado que se obtuvieron con las tres lámparas.

PALABRAS CLAVE

Profundidad de curado, fotoiniciador, fotopolimerizado, LED, canforoquinona, fenilpropanodiona

ÁREA TEMÁTICA

Materiales dentales

ABSTRACT

BACKGROUND: It has been established that LED lamps are not suitable to cure resins that present photoinitiators other than camphorquinone because of the differences between the spectral emission of the lamp and the absorption spectrum of the initiator. **OBJECTIVE:** Determine the depth of cure of resins with different photoinitiators using LED lamps. **METHODS:** An experimental *in vitro* study was carried out. 120 samples of composite resin of 2x8mm and 4x8mm were fabricated and divided into 12 groups of 10 samples each. The composites were Point 4 XL1 (KERR) with phenylpropanedione and Z100 A3 (3M ESPE) with camphorquinone. The curing units used were Elipar Freelight 2 (3M ESPE), Bluephase (IVOCLAR) and Elipar 2500 (3M ESPE). The depth of cure was determined with a Vickers indenter. Statistical analysis was carried out using a three-way ANOVA and the Kruskal-Wallis H test.

* Artículo correspondiente al trabajo de grado para optar al título de especialista en Rehabilitación Oral. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C., Colombia.

** Odontólogo, Universidad de Cartagena. Cartagena, Colombia. Rehabilitador oral, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C., Colombia.

*** Odontólogo, Universidad Americana. Managua, Nicaragua. Rehabilitador oral, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C., Colombia.

**** Odontólogo, Universidad Santo Tomás. Bucaramanga, Colombia. Rehabilitador oral, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C., Colombia.

***** Odontólogo. Rehabilitador oral, profesor, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C., Colombia. Director del trabajo.

RESULTS: There were no significant differences in the depth of cure obtained with the three curing units ($p>0.05$). The mean depth of cure in samples of 2x8mm with phenylpropanedione was 0.3986 y 0.4027 respectively for the upper and lower parts of the samples, and 0.3917 y 0.3999 for samples of 4x8mm. For samples of 2x8mm with camphorquinone the mean values were 0.2801 and 0.2815 for the upper and lower parts respectively and 0.3261 y 0.3264 for samples of 4x8mm. **CONCLUSIONS:** No significant differences were found in the depth of cure obtained with the three curing units.

KEY WORDS

Depth of cure, photoinitiator, photopolymerization, LED, camphorquinone, phenylpropanedione

THEMATIC FIELD

Dental materials

INTRODUCCIÓN

Actualmente, existe una alta demanda estética por parte de los pacientes que acuden a las citas odontológicas buscando satisfacer sus necesidades de tratamiento o simplemente para mejorar tratamientos ya existentes. Las resinas son materiales que han venido a satisfacer de gran forma la demanda de los pacientes, y existe una alta variedad de sistemas resinosos en el mercado para todas las aplicaciones posibles, alta estética en el sector anterior, mayor resistencia en el sector posterior e incluso resinas indirectas para aplicación en el laboratorio dental.¹⁻⁴ Lo anterior ha llevado a la fabricación de diferentes sistemas de luz para la polimerización de resinas, siempre buscando obtener las mejores propiedades del material.⁵ Existen en el mercado diferentes sistemas como son las lámparas halógenas de cuarzo tungsteno (QTH), lámparas de arco de plasma, lámparas láser y las

nuevas lámparas de luz emitida por diodos o LED.⁵

Las primeras lámparas LED fueron introducidas a inicios del siglo XXI, con un espectro de emisión de 490 nm y una irradiancia de 350mW/cm², por lo cual fueron rápidamente remplazadas por lámparas de mayor intensidad, LED de segunda generación con irradiancias de 900mW/cm².⁶⁻⁸ Actualmente existen LED que brindan intensidades mayores, 1100mW/cm² o más; éstas son las llamadas de tercera generación.⁹

En las resinas de fotocurado el fotoiniciador más utilizado es la canforoquinona (CQ) en un 0,15% que a temperatura ambiente es de color amarillo. Este fotoiniciador tiene una estructura tal que solamente absorbe energía dentro del espectro de luz azul; por tanto, si esta molécula es sometida a diversas longitudes de onda, solamente responderá dentro de los 450 a 500 nm de intensidad, el cual corresponde al espectro de emisión de las LED que es alrededor de los 470 nm.^{6, 10}

Para solucionar este problema, los nuevos sistemas resinosos están empleando otros fotoiniciadores (fenilpropanodiona), los cuales tienen un espectro de absorción diferente (400 nm) al espectro de emisión de lámparas LED (470 nm).¹¹ John Burgess *et al.* mencionan que mientras el fotoiniciador de la resina sea canforoquinona, las LED van a proporcionar un correcto curado, ya que el espectro de irradiación de las LED está cercano al espectro de absorción de las canforoquinonas; sin embargo, debido al reducido espectro de las LED, éstas van a tener una eficiencia limitada para fotopolimerizar resinas con fotoiniciadores tales como la fenilpropanodiona.¹²⁻¹³ Eric Asmussen en 2003 encontró que la profundidad de curado de resinas con fotoiniciadores diferentes a canforoquinona que se obtiene con lámparas LED fue similar o inferior a la obtenida con lámparas

halógenas.¹⁴ En 2004, Alexander Uhl estudió una lámpara LED prototipo y encontró profundidades de curado mayores que con lámparas halógenas.¹⁵ El propósito de este estudio fue determinar la profundidad de curado de resinas con fotoiniciadores diferentes a canforoquinona que se obtiene utilizando lámparas LED.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las lámparas evaluadas fueron dos lámparas LED, Elipar Freelight 2 (3M ESPE) y Bluephase (IVOCLAR) y una lámpara halógena, Elipar 2500 (3M ESPE) (tabla 1). Para las muestras se utilizaron dos resinas diferentes, Z100 (3M 3SPE, Color A3) por presentar canforoquinona (CQ) y POINT 4 (KERR DENTAL, Color XL1) por presentar fenilpropanodiona (PPD) las que fueron empacadas en discos de 8 mm de diámetro por 4 mm de alto y discos de 8 mm de diámetro por 2 mm de alto que fueron codificados con colores azul, rojo, gris, café, blanco y amarillo. Se retiraron los excesos con una loseta de vidrio y sobre cada disco se colocó una tira de Millar para separar la guía de luz de cada muestra al momento de la polimerización. Se realizaron 120 muestras de resina que fueron distribuidas en 12 grupos de 10 especímenes de la siguiente manera:

Grupo A: 10 especímenes de Z100 color A3 de 2 mm con lámpara Elipar Freelight 2 (3M ESPE) discos color azul

Grupo A1: 10 especímenes de Z100 color A3 de 2 mm con lámpara Bluephase (IVOCLAR) discos color rojo

Grupo A2: 10 especímenes de Z100 color A3 de 2 mm con lámpara Elipar 2500 (3M ESPE) discos color gris

Grupo B: 10 especímenes de Z100 color A3 de 4 mm con lámpara Elipar Freelight 2 (3M ESPE) discos color azul

Grupo B1: 10 especímenes de Z100 color A3 de 4 mm con lámpara Bluephase (IVOCLAR) discos color rojo

Grupo B2: 10 especímenes de Z100 color A3 de 4 mm con lámpara Elipar 2500 (3M ESPE) discos color gris

Grupo C: 10 especímenes de POINT 4 color XL1 de 2 mm con lámpara Elipar Freelight 2 (3M ESPE) discos color café

Grupo C1: 10 especímenes de POINT 4 color XL1 de 2 mm con lámpara Bluephase (IVOCLAR) discos color blanco

Grupo C2: 10 especímenes de POINT 4 color XL1 de 2 mm con lámpara Elipar 2500 (3M ESPE) discos color amarillo

Grupo D: 10 especímenes de POINT 4 color XL1 de 4 mm con lámpara Elipar Freelight 2 (3M ESPE) discos color café

Grupo D1: 10 especímenes de POINT 4 color XL1 de 4 mm con lámpara Bluephase (IVOCLAR) discos color blanco

Grupo D2: 10 especímenes de POINT 4 color XL1 de 4 mm con lámpara Elipar 2500 (3M ESPE) discos color amarillo

Se polimerizó cada espécimen con cada una de las lámparas mencionadas a una distancia de 0 mm desde la guía de luz a la superficie de la resina; cada muestra recibió la misma densidad de energía (22 J/cm²) la cual se determinó como lo indica la tabla 2. Después de la polimerización, se retiró la tira de Millar y se pulió la parte superior de cada muestra con discos Softlex (3M ESPE) (figura 1) para eliminar la capa inhibida; posteriormente las muestras se almacenaron en agua destilada durante 24 horas a temperatura ambiente para eliminar las tensiones residuales producto de los monómeros libres y disminuir la contracción por polimerización.

Tabla 1
Lámparas evaluadas en el estudio

Lámpara	Tipo de fuente	Longitud de onda	Intensidad
Bluephase (Ivoclar)	1 LED de alta intensidad	430 a 490 nm	1100 mw/cm ²
Elipar Freelight 2 (3M ESPE)	1 LED de alta intensidad	430 a 480 nm	1000 mW/cm ²
Elipar 2500 (3M ESPE)	Halógena	400 a 500 nm	700-800 mw/cm ²

Tabla 2
Densidades de energía de las lámparas

Muestras	Lámpara	mW/cm ²	Tiempo de curado	Joules
1-10	Bluephase	1290	17 sg	21.930
11-20	Elipar-freelight	1210	18 sg	21.780
21-30	Halógena	650	34 sg	22.100
31-40	Bluephase	1280	17 sg	21.760
41-50	Elipar-freelight	1210	18 sg	21.780
51-60	Halógena	650	34 sg	22.100
61-70	Bluephase	1280	17 sg	21.760

La profundidad de curado se determinó mediante la prueba de indentación de Vickers (figura 2) aplicando una carga de 500 g durante 15 segundos en el centro de cada muestra tanto en la parte superior como en la parte inferior de cada espécimen.

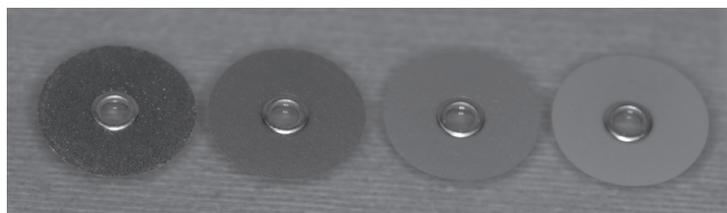


Figura 1. Discos Softlex para pulir resina.

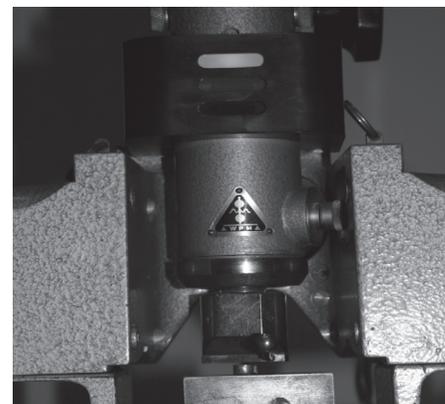


Figura 2. Indentador de Vickers.

Para el análisis estadístico se utilizó la prueba de ANOVA factorial de 3 vías en conjunto con la prueba de Kruskal Wallis.

RESULTADOS

Para probar la hipótesis de diferencias en la profundidad de curado considerando simultáneamente las variables lámpara, fotoiniciador y espesor de la muestra se utilizó la prueba de ANOVA de tres vías. Para muestras de 2 mm con fenilpropanodiona la mejor profundidad de curado en la parte superior se encontró con Elipar 2500 (0.378) seguida por Bluephase (0.403) y Elipar Freelight 2 (0.414), en la parte inferior los resultados fueron similares; Elipar 2500 (0.384), Bluephase (0.404) y Elipar Freelight 2 (0.419). En muestras de 4 mm con fenilpropanodiona, en la parte superior la mejor profundidad de curado se obtuvo con Elipar Freelight 2 (0.379), Bluephase (0.380) y Elipar 2500 (0.415); en la parte inferior la mejor profundidad se obtuvo con Bluephase (0.382), Elipar Freelight 2 (0.394) y Elipar 2500 (0.422).

En muestras de 2 mm con canforoquinona para la parte superior, la mejor profundidad se obtuvo con Elipar 2500 (0.275), Elipar Freelight 2 (0.280) y Bluephase (0.284); en la parte inferior, Elipar 2500 (0.278), Elipar Freelight 2 (0.281) y Bluephase (0.284). En muestras de 4 mm, en la parte superior, la mejor profundidad de curado se observó con la Elipar 2500 (0.318), Bluephase (0.324) y Elipar Freelight 2 (0.335); para la parte inferior, Elipar 2500 (0.317), Bluephase (0.324) y Elipar Freelight 2 (0.336) (tablas 3 y 4).

En general la profundidad de curado se comportó como lo muestra la figura 3, donde se observa que los recorridos de los intervalos de confianza se sobreponen entre sí, indicando que no hay diferencias significativas ($p > 0.05$).

Tabla 3
Profundidad de curado en la parte superior

Fotoiniciador	Espesor (mm)	Lámpara	Media	Desv. tip.	N
PPD	2,0	Bluephase	,40330	,009945	10
		Elipar Freelight 2	,41440	,015145	10
		Halógena	,37820	,007584	10
		Total	,39863	,018893	30
	4,0	Bluephase	,38000	,014244	10
		Elipar Freelight 2	,37930	,015663	10
		Halógena	,41590	,008569	10
		Total	,39173	,021542	30
	Total	Bluephase	,39165	,016906	20
		Elipar Freelight 2	,39685	,023432	20
		Halógena	,39705	,020882	20
		Total	,39518	,020387	60
CQ	2,0	Bluephase	,28460	,009288	10
		Elipar Freelight 2	,28040	,004169	10
		Halógena	,27530	,006183	10
		Total	,28010	,007680	30
	4,0	Bluephase	,32440	,013818	10
		Elipar Freelight 2	,33562	,026394	10
		Halógena	,31850	,034329	10
		Total	,32617	,026332	30
	Total	Bluephase	,30450	,023413	20
		Elipar Freelight 2	,30801	,033774	20
		Halógena	,29690	,032672	20
		Total	,30314	,030158	60
Total	2,0	Bluephase	,34395	,061608	20
		Elipar Freelight 2	,34740	,069586	20
		Halógena	,32675	,053214	20
		Total	,33937	,061453	60
	4,0	Bluephase	,35220	,031624	20
		Elipar Freelight 2	,35746	,030794	20
		Halógena	,36720	,055584	20
		Total	,35895	,040763	60
	Total	Bluephase	,34808	,048516	40
		Elipar Freelight 2	,35243	,053357	40
		Halógena	,34697	,057483	40
		Total	,34916	,052848	120

Tabla 4
Profundidad de curado en la parte inferior

Fotoiniciador	Espesor (mm)	Lámpara	Media	Desv. tip.	N
PPD	2,0	Bluephase	,40450	,010069	10
		Elipar Freelight 2	,41980	,018671	10
		Halógena	,38400	,006360	10
		Total	,40277	,019358	30
	4,0	Bluephase	,38230	,013098	10
		Elipar Freelight 2	,39480	,038784	10
		Halógena	,42260	,026805	10
		Total	,39990	,032195	30
	Total	Bluephase	,39340	,016093	20
		Elipar Freelight 2	,40730	,032282	20
		Halógena	,40330	,027415	20
		Total	,40133	,026377	60
CQ	2,0	Bluephase	,28490	,007637	10
		Elipar Freelight 2	,28110	,004358	10
		Halógena	,27860	,008127	10
		Total	,28153	,007171	30
	4,0	Bluephase	,32470	,008895	10
		Elipar Freelight 2	,33680	,024894	10
		Halógena	,31790	,028156	10
		Total	,32647	,022937	30
	Total	Bluephase	,30480	,021954	20
		Elipar Freelight 2	,30895	,033451	20
		Halógena	,29825	,028518	20
		Total	,30400	,028234	60
Total	2,0	Bluephase	,34470	,061967	20
		Elipar Freelight 2	,35045	,072365	20
		Halógena	,33130	,054534	20
		Total	,34215	,062818	60
	4,0	Bluephase	,35350	,031494	20
		Elipar Freelight 2	,36580	,043489	20
		Halógena	,37025	,060005	20
		Total	,36318	,046250	60
	Total	Bluephase	,34910	,048722	40
		Elipar Freelight 2	,35813	,059439	40
		Halógena	,35077	,059933	40
		Total	,35267	,055933	120

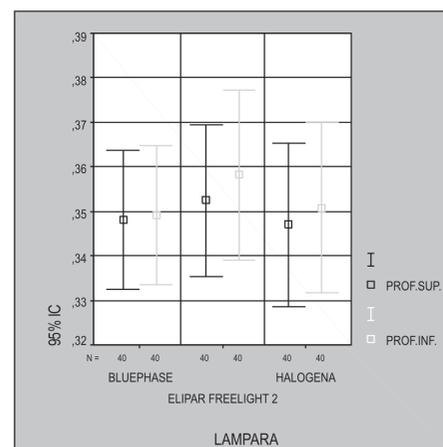


Figura 3. Profundidad de curado de acuerdo al tipo de lámpara.

Con respecto al fotoiniciador se encontró una mayor profundidad de curado en las muestras de canforoquinona que en las muestras de fenilpropanodiona como se observa en la figura 4.

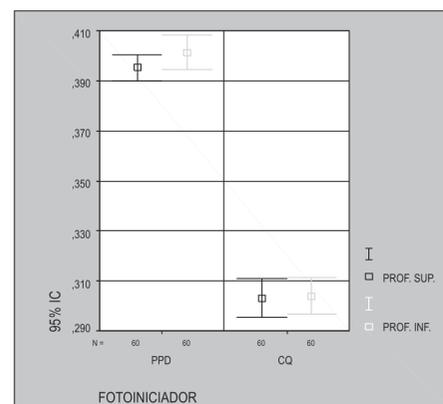


Figura 4. Profundidad de curado de acuerdo al fotoiniciador.

Finalmente al considerar el efecto del espesor de la muestra, en la tabla 5 se puede apreciar que con muestras de 4 mm de espesor en la parte superior el promedio de profundidad fue de 0.359 ± 0.041 mientras que con muestras de 2 mm el promedio fue de 0.339 ± 0.61 . Al analizar la parte inferior, las muestras de 4 mm lograron una profundidad de 0.363 ± 0.46 mientras que con las muestras de 2 mm la profundidad fue de 0.342 ± 0.063 . En la figura 5 se puede apreciar los promedios e intervalos de confianza respectivos.

Tabla 5
Profundidad de curado según el espesor de la muestra

	N	Media	Desviación Típica	Intervalo de confianza para la media al 95%				
				Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo	
Profundidad	2,0	60	,33937	,061453	,32349	,35524	,270	,430
Parte superior	4,0	60	,35895	,040763	,34842	,36948	,296	,436
(mm)	Total	120	,34916	,052848	,33961	,35871	,270	,436
Profundidad parte	2,0	60	,34215	,062818	,32592	,35838	,269	,448
Inferior (mm)	4,0	60	,36318	,046250	,35124	,37513	,297	,496
	Total	120	,35267	,055933	,34256	,36278	,269	,496

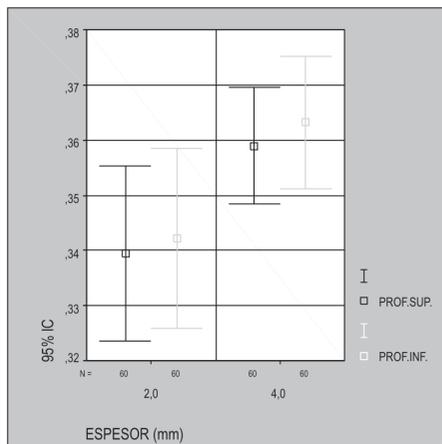


Figura 5. Profundidad de curado de acuerdo al espesor de muestra.

DISCUSIÓN

La profundidad de curado de las resinas con fotoiniciadores diferentes a la canforoquinona se puede ver alterada dependiendo del tipo de lámpara de fotocurado que se utilice según Alexander Uhl en 2004, Paul Tsai en 2004 y Jandt en 2000.¹⁵⁻¹⁷

En la presente investigación, las variables como tipo de lámpara utilizada LED Elipar Freelight 2 (3M ESPE), LED Bluephase (IVOCLAR) y Halógena Elipar 2500 (3M ESPE), fotoiniciador de la resina (Fenilpropanodiona, Canforoquinona) y espesor de la muestra (2 y 4 mm) se puede concluir que en general los resultados mostraron

evidencia que respalda el efecto significativo del fotoiniciador y el espesor de la muestra sobre la profundidad de curado, tanto en la parte superior como inferior de la muestra. No obstante se resalta que la interacción fue significativa sugiriendo algún nivel de efecto múltiple cuando las tres variables (tipo de lámpara, fotoiniciador de la resina y espesor de la muestra) están actuando conjuntamente. También se podría resaltar que no se encontraron diferencias significativas entre la parte superior e inferior de la muestra a diferencia de los estudios anteriores. Por tanto se puede afirmar que el manejo del tiempo de polimerización basado en el concepto de Densidad de Energía descrito por Burgess en el año 2002 que lo define como la energía aplicada durante cierto tiempo (J/cm^2) fue un factor influyente en los resultados obtenidos.

Cada resina posee cierta densidad de energía que debe ser aplicada para lograr su fotopolimerización. Los valores para curar resinas varían entre 21 a 24 J/cm^2 . Para tal efecto en este estudio se tuvo en cuenta la intensidad de la lámpara al momento de la polimerización de cada muestra y basados en la fórmula de densidad de energía; de acuerdo con esto, se estableció el tiempo de curado para cada muestra lo cual puede confirmar la no diferencia significativa sugiriendo un

comportamiento independiente sobre la profundidad de curado.

John Burgess *et al.* en el año 2002 mencionan que, mientras el fotoiniciador de la resina sea canforoquinona, las LED van a proporcionar un correcto curado de la resina; sin embargo, debido al reducido espectro de las LED, éstas van a tener una eficiencia limitada para polimerizar resinas con fotoiniciadores como la fenilpropanodiona. Por tanto, las LED no se recomiendan para polimerizar resinas con este tipo de fotoiniciador.¹⁹ Paul Hammesfahr *et al.* mencionan que, mientras el fotoiniciador de la resina sea canforoquinona, las LED van a proporcionar un correcto curado, ya que el espectro de irradiación de las LED está cercano al espectro de absorción de las canforoquinonas.⁶

Obici *et al.* en el año 2004, realizaron un estudio cuyo objetivo fue evaluar la profundidad de curado y dureza Knoop en la resina compuesta de fotoactivación P 60 usando una lámpara PAC, una lámpara LED y una Halógena. Los resultados muestran que la profundidad de curado fue alta en muestras de 2 mm, pero que hubo diferencias entre éstos presentándose bajos valores por la lámpara LED y la PAC.¹⁸ Los resultados de la presente investigación confirman lo reportado en la literatura y se puede apreciar que hubo

una tendencia a que las muestras de 4 mm presentan una profundidad de indentación mayor tanto en la parte superior como inferior, mientras que con muestras de 2 mm la indentación fue menor sugiriendo una mayor profundidad de curado, resaltando la efectividad de la lámpara halógena en las muestras de 2 mm de resina con fotoiniciador canforoquinona y fenilpropanodiona en las que tuvo una mayor efectividad en la polimerización tanto en la parte superior como inferior de cada muestra.

Al analizar la estructura metodológica de este estudio, con el ánimo de conceptualizar sobre su validez interna es importante resaltar que al máximo se buscó preservar el control sobre factores de confusión externos de manera que se evitase la variación de resultados no asociados al efecto de las variables independientes estudiadas. Así, previamente se estandarizó el proceso mediante el cual se trataron las muestras de resina y el manejo con las lámparas de fotocurado con los fotoiniciadores. Así mismo, se controló la técnica de medida de manera que disminuyese el sesgo de evaluación. Lo anterior permite afirmar que la evidencia obtenida en este estudio está respaldada con una previsión clara de los factores de confusión por lo cual las inferencias sobre el plan de hipótesis, están debidamente soportadas.

En general, este estudio debe ser considerado como punto de partida para el estudio de materiales como el comportamiento de la profundidad de curado según factores asociados con las características de la lámpara, la selección y utilización adecuada de los fotoiniciadores y el procesamiento en el consultorio clínico. Desde el punto de vista formativo se podría establecer una línea de enseñanza o de capacitación de manera que se multiplique en el contexto profesional esta práctica.

CONCLUSIONES

Con respecto a los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede concluir que:

No hubo diferencias significativas en la profundidad de curado de las resinas independientemente de la lámpara utilizada.

La profundidad del curado es una variable sensible a la consideración multivariable del tipo de lámpara, uso del fotoiniciador y del espesor de las muestras de resina.

Las resinas que muestran como fotoiniciador fenilpropanodiona, presentan una menor profundidad de curado que las resinas que presentan canforoquinona.

Las muestras de 2 mm de espesor presentan mayor profundidad de curado que las muestras de 4 mm.

RECOMENDACIONES

Realizar investigaciones futuras comparando la profundidad de curado de resinas manejando tiempos de curado recomendados por el fabricante y tiempos de curado de acuerdo al concepto de densidad de energía.

Realizar más investigaciones tomando en cuenta la carga aplicada (kg/f) a las muestras para poder determinar el grado de conversión de polimerización de la resina.

Realizar más investigaciones de este tipo para lograr una polimerización adecuada de resinas utilizando cualquier tipo de lámpara en la clínica.

Incentivar a nivel de todos los profesionales y de las instituciones relacionadas con el área de la odontología la utilización de los radiómetros en sus consultorios con los cuales se podrá

manejar el método de polimerización descrito en el estudio.

Desarrollar un proceso de investigación continuada que lleve a la fundamentación y elaboración de protocolos técnicos en el manejo de fotocurado teniendo en cuenta variables consideradas en este estudio y variantes necesarias de la práctica clínica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Wataha JC, Lockwood PE, Lewis HB, Rueggeberg FA, Messer RL. Biological effects of blue light from dental curing units. *Dental Materials* 2004 Feb; 20: 150-7.
2. Soh MS, Yap AUJ, Siow KS. The effectiveness of LED and Halogen curing lights at varying cavity depths. *Operative Dentistry* 2003; 28 (6): 707-15.
3. Soh MS, Yap AUJ, Siow KS. Effectiveness of composite cure associated with different curing modes of LED lights. *Operative Dentistry* 2003; 28 (4): 371-7.
4. Shortall AC, Harrington E. Temperature rise during polymerization of light-activated resin composites. *J Oral Rehab* 1998; 25 (12): 908-13.
5. Hammesfahr P, O'Connor M, Wang X. Light-curing technology: Past, Present and Future. *Compendium* 2002; 23 (9. Suppl 1): 18-24.
6. Lindberg A, Peutzfeldt A, Van Dijken J. Curing depths of a universal hybrid and a flowable resin composite cured with quartz tungsten halogen and a light-emitting diode units. *Acta Odontol Scand* 2004; 62: 97-101.
7. La Torre G, Marigo L, Pascarella A, Rumi G. Tecnologia light-emitting diodes (LED) applicata alla fotopolimerizzazione delle resine composite. *Minerva Stomatol* 2003; 52 (5): 193-200.
8. Pulgar R, Pérez Ocof F, Lucena Martin C, Pérez López MM. Valoración radiométrica de la lámpara Smartlite PS. *Dentsply De Trey Iberia* 2004: 1-5.
9. Price R, Corey F, Andreou P. Evaluation of a dual peak third generation LED curing light. *Compendium* 2005; 26 (5): 331-47.
10. Rueggeberg F. Contemporary Issues in Photocuring. *Compendium* 1999; 25 (Suppl. 20): 4-15.
11. Bennett A, Watts D. Performance of two blue light-emitting diode dental light curing units with distance and irradiation time. *Dental Materials*. 2004; 20 (1): 72-9.
12. Burgees J, Walter R, Porche C, Rappold A. Light Curing-And Update. *Compendium* 2002 Oct; 23 (10): 889-906.
13. Hammesfahr P, O'Connor M, Wang X. Light-curing technology: Past, Present and Future. *Compendium* 2002; 23 (9. Suppl 1): 18-24.
14. Asmussen E, Peutzfeldt A. Light-emitting diode curing: Influence on selected properties of resin composites. *Quintessence International* 2003; 34 (1):71-5.

15. Uhl A, Sigush B, Jandt DK. Second generation LEDs for the polymerization of oral biomaterials. *Dental Materials* 2004; 20 (1): 80-7.
16. Tsai P, Meyers I, Walsh L. Depth of cure and surface microhardness of composite cured with blue LED curing lights. *Dental Materials* 2004; 20 (4): 364-9.
17. Jandt KD, Mills RW, Blackwell GB, Ashworth SH. Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes (LEDs). *Dental Materials* 2000; 16 (1): 41-7.
18. Burgees J, Walter R, Porche C, Rappold A. Light Curing-And Update. *Compendium* 2002 Oct; 23 (10): 889-906.
19. Obici AC, Sinhoretí, MA. Evaluation of depth of cure and Knoop hardness in a dental composite photo-activated using different methods. *Braz Dent J* 2004; 15 (3): 199-203.

AGRADECIMIENTOS

Al laboratorio de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. D.C., por su apoyo en la realización de las pruebas.

CORRESPONDENCIA

Luis Eduardo Luna
Pontificia Universidad Javeriana,
Facultad de Odontología,
Departamento del Sistema Dentario.
Carrera 7 # 40-62, edificio 26.
Bogotá, D.C., Colombia.
Teléfono: +57-1-3208320,
extensión 2880.
Correo electrónico:
luisluna80@gmail.com

José Rafael Fadul Ortiz
Transversal 4 # 43-9.
Bogotá, D.C., Colombia.
Teléfono: +57-1-6123006.
Correo electrónico:
josefadul77@yahoo.com

César Augusto Molina Sánchez
Villa Fontana Norte #22,
Managua, Nicaragua.
Teléfono: +505-2772593.
Correo electrónico:
drcesarmolina@msn.com

Edwin Armando Yáñez Meza
Calle 96 #28-70, torre 1.
Bogotá, D.C., Colombia.
Teléfono: +57-1-2183835.
Correo electrónico:
winniedentist@hotmail.com