



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias de la Salud



Dr. J. Eliezer Zamarripa Calderón
Mtra. Adriana L. Ancona Meza

Trabajo presentado en la **XXXIX Reunión Anual de la Sociedad Argentina de Investigación Odontológica.**

Materiales Dentales

Efecto de la Energía de Polimerización sobre la Resistencia Flexural y Módulo Elástico en Composites Envejecidos por UV.

Flexural Strength and Elastic Modulus in Resin Composites Aged by UV.



Relación de la Energía de Polimerización y Degradación por UV sobre el Grado de Conversión en Composites.

Área del Conocimiento 3: Medicina y Ciencias de la Salud

The effect of the energy density on the immediate mechanical properties of composites is well known; although the relationship, between energy density and the time of degradation by UV, on flexural strength and elastic modulus is not clear. The aim of this study was to in vitro evaluate the flexural strength (σ) and the elastic modulus (E), as a function of accelerated aging under UV exposure on specimens prepared with different energy densities. Four resin composites were used in this study; F. Z-250, F. Supreme (3M ESPE), Tetric Ceram and Tetric EvoCeram (Ivoclar Vivadent), from each material, 60 specimens were divided in three groups: A (3.75 J/cm^2), B (9 J/cm^2) and C (24 J/cm^2) and subdivided in: 1 (no aging), 2 (500 hours of aging), 3 (1000 hours of aging) and 4 (1500 hours of aging). The results were analyzed by means of ANOVA and Tukey tests ($p < 0.05$) to determine the effect of the factors. Significant differences were found on flexural strength in subgroups: 1 (125 MPa), 2 and 3 (117 and 116 MPa) as well as in 4 (106 MPa). Significant differences were observed in the elastic modulus, between subgroups in Tetric Ceram and Tetric EvoCeram: 1 (8.0 GPa), 2 and 3 (10.2 GPa) and 4 (11.6 GPa); in the other hand, F. Z-250 and F. Supreme showed significant differences in subgroups: 1 and 3 (11.1 y 11.5 GPa), 2 (12.9 GPa) and 4 (13.5 GPa).

The composite degradation by UV, significantly affects the flexural strength and the elastic modulus: the material is less elastic and it becomes more fragile to measure while the time passes into the UV chamber. The clinician should keep in mind the material behavior through the time, to complete the expectations of the restorative treatment.

Key Words: Energy Density, Flexural Strength, Elastic Modulus, UV , Dental composite



Relación de la Energía de Polimerización y Degradación por UV sobre el Grado de Conversión en Composites.

Área del Conocimiento 3: Medicina y Ciencias de la Salud

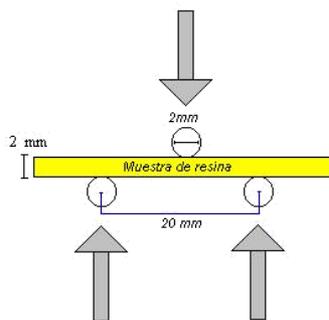
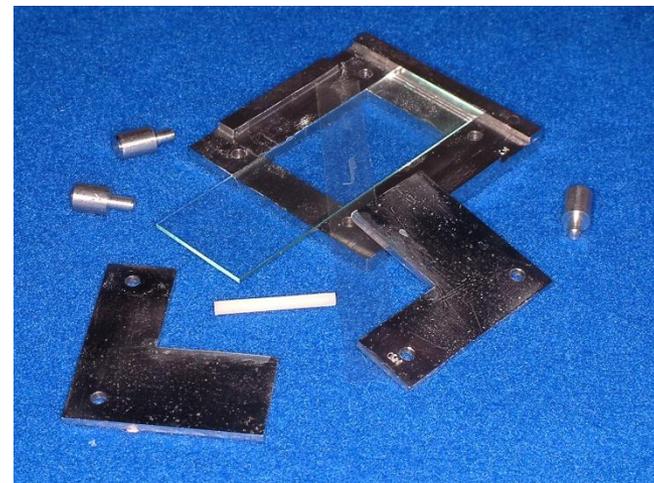
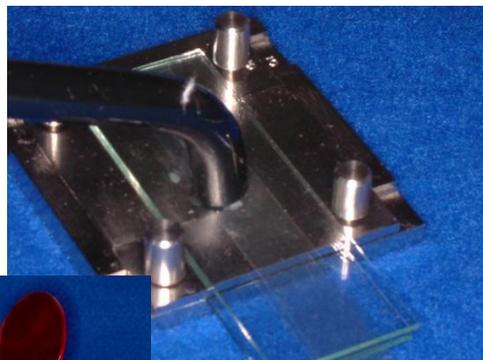
El efecto de la energía de polimerización, sobre las propiedades mecánicas inmediatas de los composites, es conocido; no así, la relación entre energía de polimerización y la degradación por radiación UV, sobre los valores de resistencia flexural (σ) y módulo de elasticidad (E). El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la energía de polimerización ($\text{mW}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$) sobre los valores de σ y E , obtenidos en probetas sometidas a diferentes tiempos de envejecimiento acelerado por radiación UV.

Por cada marca analizada; F. Z-250, F. Supreme (3M ESPE), Tetric Ceram y Tetric EvoCeram (Ivoclar Vivadent), se fabricaron 60 probetas siguiendo el procedimiento indicado por la norma ISO 40449, se formaron tres grupos utilizando diferente energía de polimerización: A ($3.75 \text{ J}/\text{cm}^2$), B ($9 \text{ J}/\text{cm}^2$) y C ($24 \text{ J}/\text{cm}^2$), subdividiéndolos a su vez en 1 (0 h de envejecimiento), 2 (500 h), 3 (1000 h) y 4 (1500 h); cada subgrupo estaba formado por 5 probetas. Los datos obtenidos se analizaron con ANOVA y prueba de Tukey ($p < 0.05$). El comportamiento de σ en las cuatro marcas fue similar por lo que se analizó conjuntamente, encontrando diferencias significativas entre el los subgrupos 1 (125 MPa), 2 y 3 (117 y 116 MPa) así como en 4 (106 MPa). Los valores de E , mostraron diferencias entre los materiales de diferentes casa comerciales, observándose diferencias significativas entre los subgrupos; Tetric Ceram y EvoCeram: 1 (8.0 GPa), 2 y 3 (10.2 GPa) y 4 (11.6 GPa); F. Z-250 y F. Supreme: 1 y 3 (11.1 y 11.5 GPa), 2 (12.9 GPa) y 4 (13.5 GPa).

La degradación por radiación UV, afecta significativamente los valores de σ y E , el material es menos elástico conforme pasa más tiempo sometido a envejecimiento, pero a su vez se vuelve más frágil lo que hace que la resistencia flexural disminuya. El clínico debe de tener en cuenta el comportamiento del material a través del tiempo, para cumplir con las expectativas del tratamiento restaurador.



Las resinas compuestas han sido objeto de una gran cantidad de estudios de investigación, debido a que, antes de estas, la alta acidez de los cementos de silicato y la inestabilidad volumétrica de las resinas acrílicas, promocionaban la búsqueda de materiales sustitutos. Ante la actual demanda de restauraciones, con altos valores estéticos y la exigencia de durabilidad del tratamiento, la generación de nuevos conocimientos acerca de estos materiales sigue en aumento. La síntesis de nuevos monómeros, el tamaño de partícula inorgánica, la mejora de las características ópticas, el desarrollo de novedosos sistemas para la activación de la polimerización del material, son algunos de los campos de investigación que este tipo de material restaurador genera. Los valores de resistencia flexural y de módulo de flexión, sirven para determinar qué tanto el material puede deformarse, ante una carga constante y regresar a su estado original antes de la aplicación de la fuerza. Esto da un parámetro que puede ser utilizado para determinar, si el material es suficientemente resistente para cumplir con sus funciones dentro de la cavidad bucal. La literatura sobre este tema, engloba diferentes variables que pueden afectar a los valores de resistencia y módulo, como pudiera ser composición química, porcentaje del relleno inorgánico, tamaño de las partículas etc. En los últimos cinco años y con el desarrollo de nuevos sistemas de polimerizado los conceptos de densidad energética, tiempo de exposición e intensidad de luz, han sido variables muy estudiadas relacionándolas con la resistencia flexural y el módulo de flexión.



- Sakaguchi RL, Ferracane JL. Effect of light power density on development of elastic modulus of a model light-activated composite during polymerization. *J Esthet Restor Dent* 2001;13(2):121-30.
- Musanje L, Darvell BW. Polymerization of resin composite restorative materials: exposure reciprocity. *Dent Mater* 2003;19(6):531-41.
- Peutzfeldt A, Asmussen E. Resin composite properties and energy density of light cure. *J Dent Res* 2005;84(7):659-62.
- Kaprielian N, Lagneau C, Zydowicz N, Lissac M, Grosogogeat B. Effect of type of polymerization on different properties of dental composites. *Biomed Mater Eng* 2005;15(6):483-93.



OBJETIVO

Determinar el efecto de la energía de polimerización ($\text{mW}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$) sobre los valores de σ y E , obtenidos en probetas sometidas a diferentes tiempos de envejecimiento acelerado por radiación UV.



Prueba	$3.75 \text{ J}/\text{cm}^2$				$9 \text{ J}/\text{cm}^2$				$24 \text{ J}/\text{cm}^2$				Totales
	0 h	500 h	1000 h	1500 h	0 h	500 h	1000 h	1500 h	0 h	500 h	1000 h	1500 h	
Resistencia flexural y módulo de flexión	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	60



Se siguió lo estipulado en la norma ISO 4049 para valorar resistencia flexural y de la norma 27 de la ADA se obtuvo la fórmula para obtener módulo de flexión, las probetas se fabricaron en un conformador de acero inoxidable con 2 X 2 X 25 mm de dimensiones, se cumple con todas las indicaciones que establece la norma, para el curado de las probetas se utilizó protocolo que en el trabajo anterior, una unidad halógena y el voltaje fue mantenido constante mediante un estabilizador automático, antes del curado de cada una de las probetas, se verificó la intensidad de la irradiación lumínica mediante un radiómetro digital es importante mencionar que todas las probetas fueron fabricadas por un solo operador, la distribución de grupos y subgrupos es el mismo al descrito con anterioridad y si alguna persona quisiera comentarlo con mayor detalle con gusto lo podemos platicar al final de la presentación.



Una vez terminado el tiempo en el equipo de envejecimiento acelerado se pulieron todas las superficies de las probetas con papel abrasivo 600, se mantuvieron durante 24 horas en agua destilada a 37°C para homogeneizar de las misma. Las probetas fueron colocadas sobre dos soportes cilíndricos de 2 mm de diámetro paralelos entre sí y a una distancia entre sus centros de 20 mm para realizar el ensayo de flexión en tres puntos en una máquina de pruebas universales Instron modelo 1100, utilizando una celda de carga de 0.5 kN, con una velocidad del cabezal de 1 mm por minuto y una velocidad de papel de registro de 20 mm por minuto.



$$\sigma = \frac{3Fl}{2bh^2}$$

$$E = \frac{F_1 l^3}{4bh^3 d}$$



Ferracane y colaboradores, en un estudio de envejecimiento en agua a dos años en composites experimentales, encuentran una leve disminución en los valores de resistencia flexural y un aumento en el módulo, lo que concuerda con lo obtenido en este análisis al observarse que a las 500 y 1000 horas de envejecimiento por UV los valores de resistencia flexural disminuyen. De la misma manera, se encuentra que en el grupo “B” las probetas polimerizadas con 9 J sobre cm^2 los valores de la resistencia flexural, tiene un comportamiento más lineal a través del tiempo que los otros dos. Si estos resultados los relacionamos con los obtenidos en trabajos de estrés de polimerización publicados por otros autores se podría decir que: el estrés producido durante la polimerización con energía no adecuada, genera, a través de la degradación por radiación ultravioleta, cambios importantes en los valores de resistencia flexural y de módulo de flexión, recomendando, como energía adecuada de polimerización 9 J/ cm^2 .



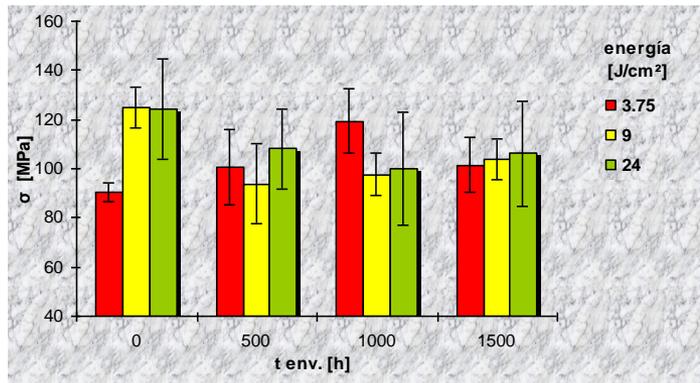
Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente:

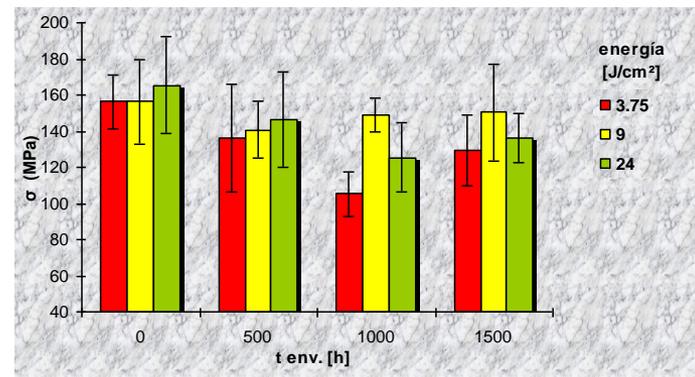
Resistencia Flex. MPa

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
MARCA	56309.38	3	18769.79	58.56	0.00
HORAS	11307.92	3	3769.31	11.76	0.00
ENERGÍA	4068.13	2	2034.07	6.35	0.00
MARCA * HORAS	13866.60	9	1540.73	4.81	0.00
MARCA * ENERGÍA	2101.43	6	350.24	1.09	0.37
HORAS * ENERGÍA	2462.27	6	410.38	1.28	0.27
MARCA * HORAS * ENERGÍA	8488.48	18	471.58	1.47	0.10
Error	61545.23	192	320.55		
Total	3411925.44	240			

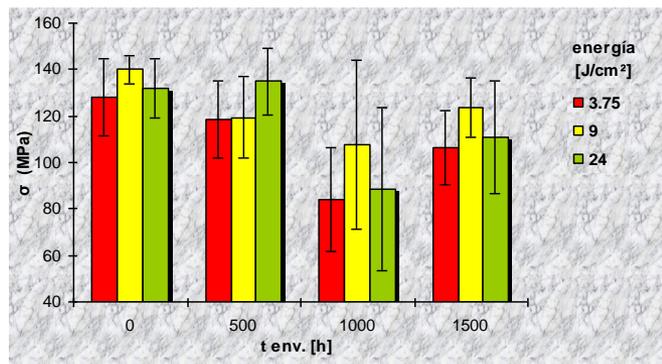
Análisis de varianza para resistencia flexural



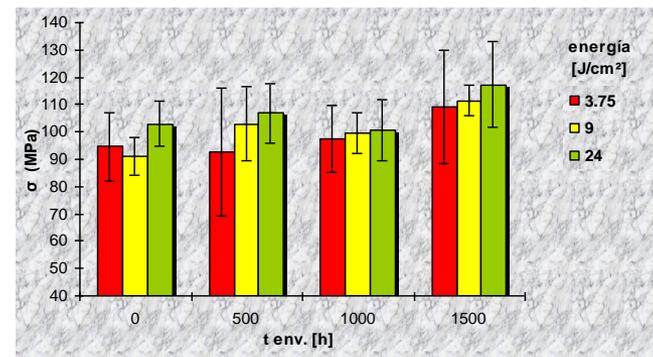
Tetric Ceram



F. Z-250



F. Supreme



Tetric EvoCeram

Horas de envejecimiento	N	Coefficiente de correlación	p
0 h	60	0.17	> 0.05
500h	60	0.21	> 0.05
1000h	60	-0.02	> 0.05
1500h	60	0.06	> 0.05

Correlación entre σ y energía de polimerización a diferentes horas de envejecimiento.



Energía de polimerización	N	Subconjunto		
		1	2	3
3.75	20	8.3075	9.5970	10.8180
9.00	20			
24.00	20			
Significación		1.000	1.000	1.000

Sin envejecimiento

Energía de polimerización	N	Subconjunto		
		1	2	3
9.00	20	10.6485	11.5470	12.4950
24.00	20			
3.75	20			
Significación		1.000	1.000	1.000

500 h

Source	DF	SS	MS	F	p-value
energía [J/cm ²]	2	1.9090014	0.9545007	1.696591173	0.1941143
Marca	3	73.673403	24.557801	43.65061988	9.305E-14
energía [J/cm ²]*Marca	6	4.341495	0.7235825	1.286142219	0.2815276
Error	48	27.004758	0.5625991		
Total	59	106.92866			

1000 h

Source	DF	SS	MS	F	p-value
energía [J/cm ²]	2	2.4870861	1.243543	2.281797997	0.1130702
Marca	3	102.31222	34.104074	62.57813749	1.299E-16
energía [J/cm ²]*Marca	6	41.404775	6.9007959	12.66238608	1.653E-08
Error	48	26.159225	0.5449838		
Total	59	172.36331			

1500 h



Conclusión La degradación por radiación UV, afecta significativamente los valores de la resistencia flexural y el módulo de flexión, el material es menos elástico conforme pasa más tiempo sometido a envejecimiento, pero a su vez se vuelve más frágil lo que hace que la resistencia flexural disminuya. El clínico debe de tener en cuenta el comportamiento del material a través del tiempo, para cumplir con las expectativas del tratamiento restaurador.



Se hace la prueba de correlación y se comprueba lo que ya se había observado desde las primeras graficas en donde la energía de polimerización deja de ser factor después de las primeras 500 horas de envejecimiento, la regresión lineal nos muestra un R^2 de 0.74.

La segunda parte del análisis estadístico consistió en hacer el ANOVA de las probetas envejecidas, donde arroja que existen diferencias e interacciones significativas, pero como sabemos que todas las marcas tienen el mismo comportamiento se incluyen todas en el análisis post hoc, y también sabemos que la energía de polimerización ya no es un factor que influya en los valores de grado de conversión por lo que también se incluyen todas las energías dentro del análisis. Encontrando que ha 1500 horas el grado de conversión disminuye significativamente, por lo que se pudiera pensar que las propiedades mecánicas también pudieran ser afectadas.



GRACIAS

Flexural Strength and Elastic Modulus in Resin Composites Aged by UV.
ZAMARRIPA, J. E. *³, ANCONA, A. L.³, D'ACCORSO, N.², MACCHI, R. L. ¹, ABATE,
P. F.¹ Dental Materials Department F.O. U.B.A¹ – Organic Chemistry Department
F.C.E.y N. U.B.A.² Dentistry Department I.C.Sa. U.A.E.H.³

Contacto: eliezerz@uaeh.edu.mx