



FOTOPOLIMERIZACIÓN RETARDADA

**Rodríguez, Douglas Prof. Agregado; Hoffmann, Otto Prof. Asociado;
Rossell Romer Prof. Asociado, Silva, Julio Prof. Asistente.**

Resumen

La polimerización inducida de los composites, produce una contracción debido a las fuerzas residuales que debilita la restauración final de las resinas compuestas. Para las resinas con un alto módulo de elasticidad, el nivel de fuerza puede tener consecuencias clínicas significativas incluyendo formación de una grieta en el esmalte o separaciones microscópicas en la interfase cavidad / restauración.

La técnica de curado de resinas de polimerización retardada, se obtiene a través de una pulsación inicial de baja energía (Ej. 200 mW/cm² por 3 seg.), seguida de un periodo de espera de 3 a 5 minutos para liberar la fuerza inducida de contracción, durante la cual la resina compuesta puede ser finalizada y pulida. La polimerización final es obtenida con la exposición de la resina a una luz de fuente de alta intensidad de 500 mW/cm² por el tiempo recomendado por el fabricante. Los datos obtenidos "In Vitro". por medidas de deformación mostraron que la técnica de curado de polimerización retardada puede educir la deformación residual en las resinas en algo más que 34%.

Palabras Clave: Polimerización, Concentración de Polimerización, Técnica de Polimerización, polimerización Retardada.

Abstract

Polymerization-induced shrinkage of composites leads to residual stress in the final restoration. For composites with a high modulus of elasticity, the level of stress can have significant clinical consequences, including crack formation in the enamel or microscopic separations at the preparation/restoration interface. The pulse-delay cure technique cures composites by providing low-energy pulse initially (eg, 200 11N/cm² for 3 seconds), followed by a waiting period of 3 to 5 minutes for strain relief, during which the composite can be finish and polished. The final cure is obtained by exposure to a high-intensity light source of 500 mW/cm² for the recommended time. In vitro data obtained by strain gauges show that the pulse-delay cure technique can reduce residual strain in the composite by as much as 34%

Key Words: Polymerization, Shrinkage of Polymerization, Pulse-Geulay Cure Technique.

El tiempo de trabajo de los materiales estéticos de restauración directa está completamente bajo el control del Odontólogo, debido a las mejoras de las resinas compuestas ya que no se requiere de mezclado, ni los composites contienen vacíos ni burbujas de aire, esto unido al uso de luz halógena ira iniciar el proceso de polimerización de las resinas, lo cual, ha mejorado la práctica odontológica.

Las resinas fotocuradas, se han convertido en parte indispensable del equipo restaurativo del Odontólogo. Las deficiencias de las primeras resinas, incluyendo estabilidad del color, fotocurado incompleto, baja resistencia a la humedad y altas tensiones causadas por la contracción de polimerización, han sido controladas. (Mehl, Hickel, Kunzelmann, 1997).

*** Profesores Departamento de Prostodoncia y Oclusión de la Facultad de Odontología de la Universidad de Carabobo.**

Las resinas fotocuradas han sido mejoradas en la última década, con modificaciones en los iniciadores de luz, nuevos aceleradores dirigidos a mejorar la estabilidad del color y el grado de contracción. Aumentando el poder en el fotocurado dirigido al grado de curado y a la innovada tecnología de relleno de partículas, logrando así, resinas de mayor relleno de partículas, aumentando la resistencia a la humedad, haciendo posible el uso de las resinas compuestas en dientes posteriores.

Asimismo, con la llegada de los agentes adhesivos de esmalte y dentina, la contracción de polimerización de las resinas se convirtió en la importancia principal, porque los cambios dimensionales son medidos en la estructura del diente. Combinando la tecnología de partículas de relleno con nuevas uniones (silanizing), se han producido resinas compuestas con alto módulo de elasticidad, lo cual crea una alta resistencia a las fuerzas residuales. (Goracci, Giovanni, Martinis, 1996).

Un alto grado de contracción es siempre esperado en las resinas compuestas, pero si se utiliza un método distinto para controlar el nivel de contracción, se altera el porcentaje de contracción, con un resultado final muy distinto al esperado. Una resina de fuertes cadenas cruzadas se espera que mejore sus propiedades mecánicas y no tenga un alto stress residual

Una evidencia real sugiere que altas cantidades de curado, inducidos por una alta intensidad de luz para curado, puede producir efectos adversos en las propiedades finales de la restauración. (Bouschlicher, Vargas, Boyer, 1997).

Tabla I Deformación volumétrica de las resinas sin relleno.

Monómero	Contracción (%)
BIS-GMA	4.4
UDMA	- 4.4
TEGMA	13.8
MMA	20.6

Consideraciones básicas del proceso de polimerización iniciados por luz.

Según, Van Viack, (1985) y Anusavise, (1996). El proceso de polimerización usado en la resina compuesta ocurre tomando la vía de un radical libre en una reacción de adición El monómero contiene al menos un grupo acrílico (o un grupo con una unión de doble carbón) que, puede participar en la reacción de polimerización. Si solo hay un grupo activo en la molécula del monómero, solo ocurrirá una polimerización lineal. El polimetil metacrilato, como el usado en muchas dentaduras a base de resina, es un buen ejemplo de los materiales que polimerizan linealmente con un módulo de baja elasticidad (2 a 3 Gpa). Con dos o más sitios activos, en la molécula de monómero, una unión cruzada' puede ocurrir durante el proceso de polimerización, dando paso a un material con alto módulo de elasticidad (6 a 8 Gpa), un polímero más rígido. Así, un material de polimerización lineal será capaz de mostrarse poco viscoso y fluido y permitir liberación de fuerzas, donde un material de polimerización cruzada puede alcanzar alta rigidez rápidamente y permitir poca liberación de fuerzas. La reacción química produce una contracción d polimerización que es inherente a la reacción.

La contracción puede ser reducida con la adición a la resina de partículas de relleno, así se diluye el efecto de deformación polimérica.

Tabla 2 Contracciones volumétricas de varias Resinas Híbridas.

Resinas	Fabricante	Contracción (%)
AELITEFIL	Bisco Dental Products	3.7
HERCULITE	Kerr Corporation	3.5
PERTAC II	ESPE	3.7
TPH Spectrum	DENTSPLY	3.6
Z100	3M Dental Products	2.7

La contracción de las resinas, no puede ser reducida, sin embargo, la fuerza inducida por la contracción puede ser reducida con una viscosidad fluida.

El proceso de enlaces cruzados no ocurre hasta que un segundo sitio activo sobre la molécula de monómero sea activado. Así, la polimerización lineal usualmente precede el proceso de enlaces cruzados. Después de la iniciación de la polimerización, la cadena crece, por si misma, perpetuamente hasta que termine por cualquier reacción terminal conocida. Todas estas consideraciones son iguales tanto para las resinas autocuradas como para las fotocuradas. La única diferencia está en cual va a ser el radical libre que transporta al sistema.

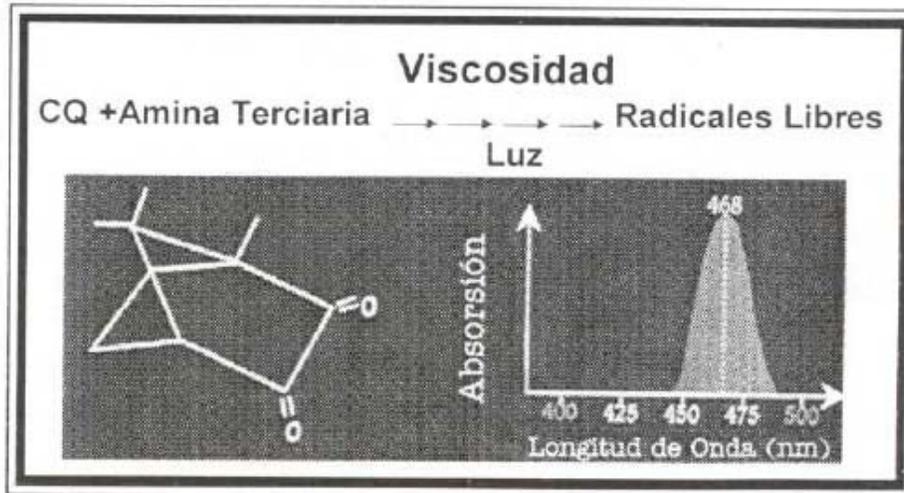
Consideraciones Ópticas

Según, Nomoto y Hrasawa (1997). La iniciación del proceso de luz esta basada en consideraciones de la mecánica cuántica, la cual cede ser sumada de la siguiente manera: un radical libre es formado cuando un protón interactúa con una molécula de Camforoquinona (CQ) en presencia de un donador de hidrogeno. La activación de energía formada por el radical libre con una molécula de CO requiere una específica longitud de onda o energía protónica para que ocurra la reacción (Ej. 468nm). Así, la luz de curado debe tener una específica longitud de onda o de color para que sea efectiva (Figura I). La energía protónica es diferente de la energía de la fuente de luz del día a día, donde la energía es de intensidad (lumen o Watt /cm²) multiplicada por el tiempo, cediendo a Joules/cm² o Watt segundos/ cm². La intensidad se mide por él número de protones por unidad de tiempo. (tabla 3)

TABLA 3 Grado de contracción (%) a diferentes longitudes de onda para una resina experimental (desviación estándar)

Tiempo de Exposición (seg.)	410	430	450	470	490	510	530	550
10	36.3	36.7	46.4	47.2	43.6	17.4	-	-
30	51.9	57.0	60.5	62.2	59.3	44.6	29.8	10.8

Figura I: Componentes del sistema de polimerización inicial



La dependencia de la longitud de onda es una consideración importante ya que si la onda no está en el espectro de la luz de curado apropiado, la resina no polimerizará, sin importar que tan brillante sea su fuente. Por esta razón, muchos láseres utilizados en casos clínicos no polimerizan las resinas. Igualmente, los filtros de seguridad remueven los componentes activos del espectro, así un filtro sobre la luz operatoria, puede prevenir la polimerización prematura.

Las fuentes de luces incandescentes emiten luz con longitudes de ondas que no contribuyen al proceso de polimerización (infra rojo o roja), pero son absorbidos por la resina y el diente, calentando a ambos innecesariamente. Una luz de curado debe tener un filtro que transmita la longitud de onda requerida (400 a 500nm) y bloquear las demás. Los radiómetros usados para la calibración de luz de curado deben medir solamente la salida de la fuente de luz en una frecuencia crítica.

Contracción de polimerización. (Tensión Inducida)

La polimerización causa una disminución en el volumen de la resina. Mediciones obtenidas usando medidores lineales, dicatómetro volumétricos (Instituto Nacional de Estándares y Tecnología) o medios ópticos (ACCU-VOL). Algunos de los resultados obtenidos con el ACCUVOL están en la tabla 4 para resinas fluidas y en la Tabla 5 para resinas compactas o de alta viscosidad.

Fuertes evidencias de De Gee y col. (1993) Y de Versluis y Col. (1988), indican que las superficies limpias, muestran más desplazamiento, que las superficies con adhesivo y que la última área para polimerizar muestra la mayor cantidad de contracción. Esto explica porque en las resinas colocadas sobre áreas sin adhesivo, encoge más el área más alejada de la luz, que el área cercana a la luz

El resultado de la contracción de la resina, induce fuerza de tracción sobre el adhesivo colocado entre el diente y la resina. La fuerza de tracción está relacionada con la cantidad de contracción y el módulo de elasticidad o

módulo de Young de la resina. La relación esta guiada por la ley de Hooke, $\sigma = \epsilon E$, en la cual σ = tensión, ϵ = fuerza y E = módulo de elasticidad. Así, dos resinas teniendo la misma contracción (fuerza) pero diferentes módulos de elasticidad, ejercen diferentes tracciones sobre la interfase adhesiva.

Si se selecciona una resina basándose solamente en la contracción, no se garantiza la más baja tracción. Por ejemplo, las resinas fluidas muestran más contracción que los híbridos universales (Tabla 2 y 4) pero su bajo módulo de elasticidad hace que su uso clínico sea exitoso (Bayne, Thompson, Swift, 1992).

Al colocar adhesivo en las superficies, el camino de la contracción de la resina cambia. Sakaguchi y Col. (1997), desarrollaron un método para monitorear la fuerza de tracción de la resina durante el proceso de curado, usando una regla de medir fuerzas sobre anillos acrílicos. En los experimentos, se usaron anillos de vidrio y de acrílico. Un set de estos datos está mostrado en las figuras 2 y 3 y cuyos resultados se observan en las tablas 6 y 7.

FIGURA 2 y 3: Micro tensiones (500mW/cm²)

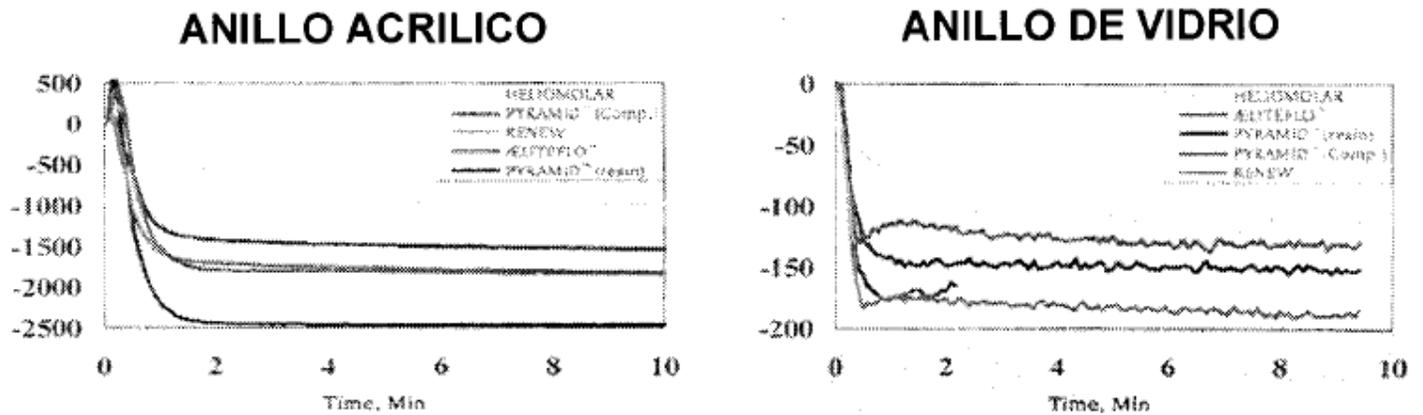


TABLA 4 Resinas Fluidas

Resinas	Fabricante	Contracción (%)
AELITEFLO	Bisco Dental Products	4.6
FLOW IT	Jeneric / Pentron	4.6
REVOLUTION	Kerr	5.5
TETRIC-FLOW	Ivoclar / Vivadent	4.4

TABLA 5 Resinas Condensables

Resinas	Fabricante	Contracción (%)
ALERT	Jeneric / Pentron	2.2
PYRAMED	Bisco Dental	2.7
SUREFIL	DENSTPLY	2.3

TABLA 6: Tensiones empleando anillo acrílico (6.1mm) con factor de contracción con 0.65

Resinas	Fabricante	Contracción (%)
ALERT	Jeneric / Pentron	2.2
PYRAMED	Bisco Dental	2.7
SUREFIL	DENSTPLY	2.3

TABLA 7: Tensiones empleando anillo de vidrio (5.4 mm) con factor de contracción con 0.74

Resinas (500mW/cm ²) seg.	Fabricante	Micro tensión (*)	Tensión (MPa) (**)
PYRAMED (20)	Bisco Dental	10.4	152
RENEW (20)	Bisco Dental	188	13.0
Z100 (40)	3M Dental	> 250	> 17.3
HELIOMOLAR (80)	Ivoclar / Vivadent	113	7.8
AELITEFLO (20)	Bisco Dental	133	9.2

(*) Datos tomados 10 minutos después de comenzar la polimerización

(**) Calculado usando el modulo elástico de 70 GPa para vidrio pirex

Con el anillo de vidrio, el cual tiene un alto módulo de elasticidad más que el anillo de acrílico, fue observado menos fuerza, pero mayor tracción fue calculada en las interfases.

Observaciones "In Vitro" de la Contracción de Polimerización.

Cuando altas tracciones fueron encontradas en las interfaces con el adhesivo de las resinas, se mejoraron los experimentos para analizar la superficie adhesiva. Probando una resina, se le coloco adhesivo a un anillo de vidrio (6mm de diámetro y 3mm de alto), luego al observarlo después de polimerizada, el anillo estaba roto (figura 4). Un hallazgo parecido fue observado con el anillo de porcelana (figura 5). Por el contrario, no se encontraron fracturas con el anillo de acrílico. Cuando se hizo el experimento en dientes extraídos, el esmalte mostró más fracturas que la dentina (Figuras 6 y 7).

Estos hallazgos indican que la contracción por polimerización puede producir fracturas en el esmalte, lo cual puede producir caries recidiva. La fuerza fraccional producto de la contracción debe mantenerse al mínimo.

Comparación entre resinas auto-curadas y resinas foto-curadas

Cuando la contracción de la resina autocurada es comparada con la contracción de la resina fotocurada, el molde tiene menos deformación en el perímetro (figura 8). Bouschlicher y Col. (1997) también determinaron que las resinas autocuradas tienen la fuerza de contracción más baja cuando están al máximo de polimerización.

FIGURA 4 y 5: Fractura provocada por la contracción de la resina

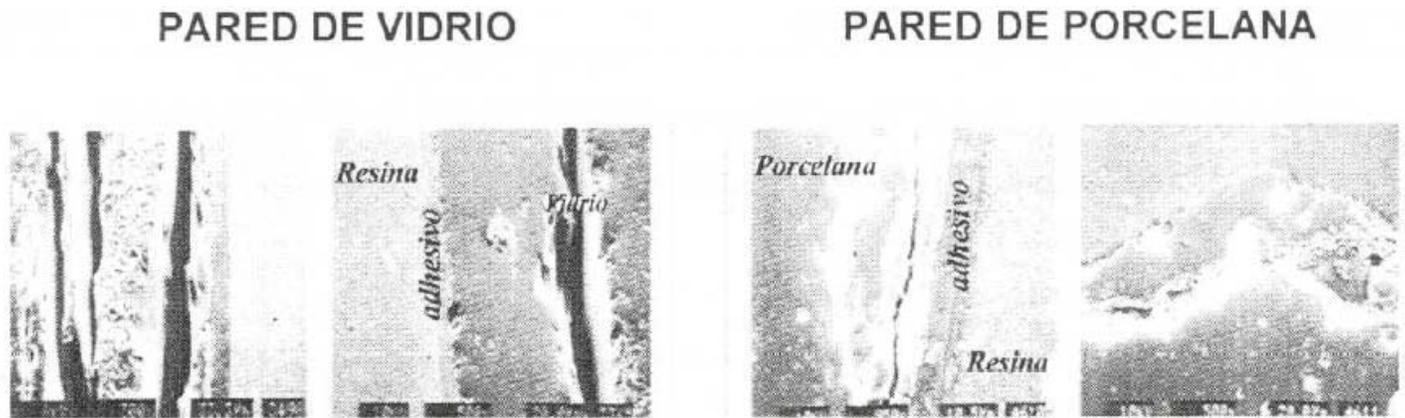


FIGURA 6 y 7: Fractura provocada por la contracción de la resina en diente extraído

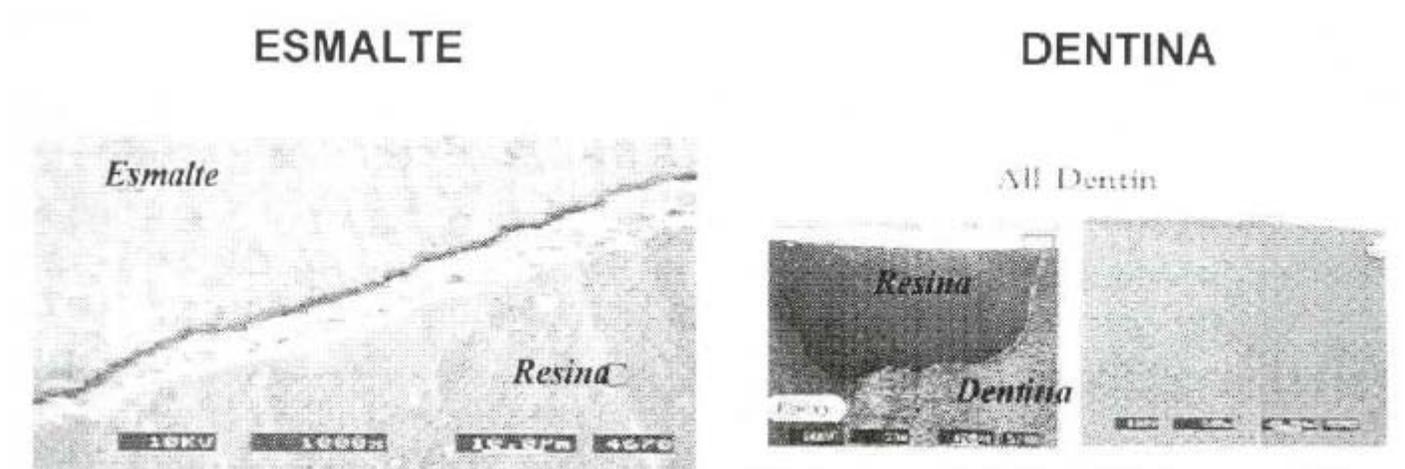
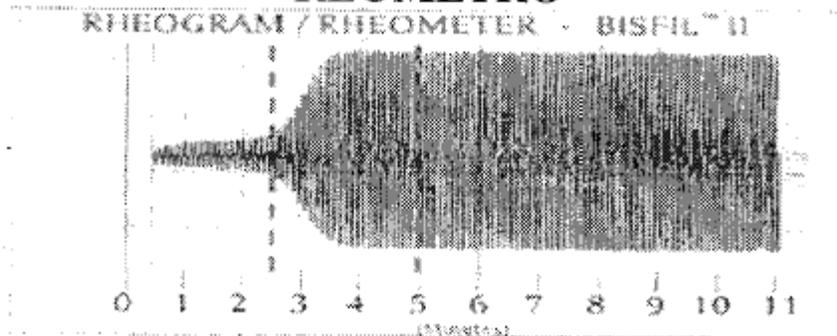
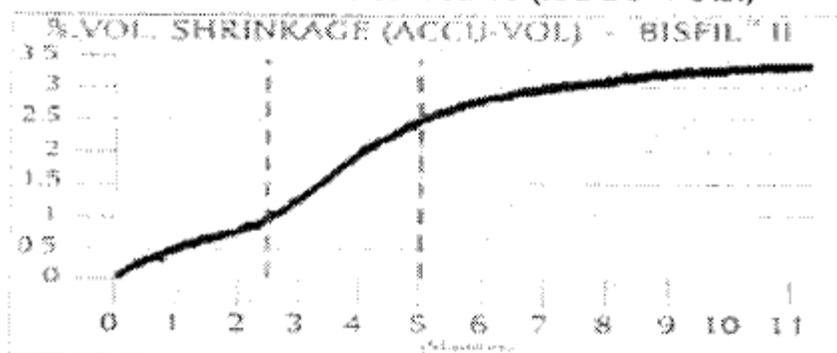


FIGURA 8: Dibujo de Reómetro. Viscosidad de la resina sobre tiempo (superior); Contracción Volumétrica del ACCU-VOL (medio); dibujo de tensiones medidas con anillo de acrílico ((botón). Medidos por resinas autocuradas (BISFIL II). Las tres figuras tienen el mismo tiempo en común.

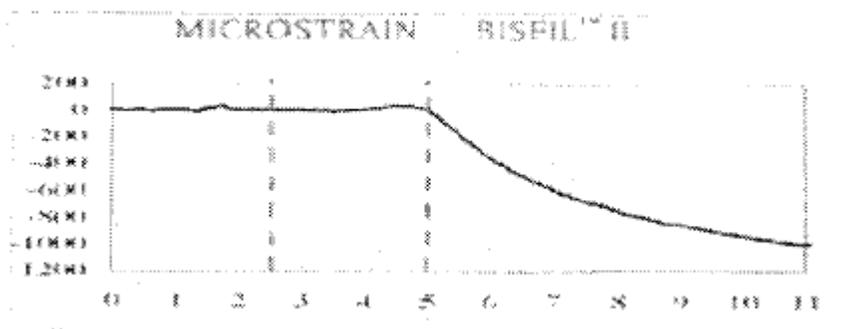
REOMETRO



Contratación Vol. % (ACCU-VOL.)



MICROTENSION



En las figuras 2 y 8, se puede ver que la deformación final en las resinas autocuradas es mucho menor que las resinas fotocuradas. Sin embargo, se puede observar que el nivel final de deformación es alcanzado más rápido en las resinas fotocuradas. Esto sugiere que la velocidad de polimerización es importante para controlar la deformación máxima final. Debe notarse que la fuerza de tracción es reducida, no igual al total de la contracción. Datos Perfilométricos muestran que en las superficies libres (sin paredes cavitárias como la oclusas) tienen más contracción hacia el centro de la resina. La equivalencia clínica de este hallazgo está en las restauraciones clase I y clase V, donde la superficie oclusal y vestibular respectivamente contraen más, con lo cual se libera fuerza al resto de la restauración.

Cuando el volumen de contracción de polimerizado es similar para ambos tipos de resinas, debe haber un mecanismo que permita liberar las fuerzas durante el curado. Cuando la viscosidad de la resina auto-curada es ploteada (representada en papel), en un ploter reómetro (figura 8 superior), y comparada con un ploter ACCU-VOL en la misma escala de tiempo, (figura 8 media), se encontró que la contracción comenzó con la mezcla del material, mientras que la contracción inicial no ocurre hasta 2.5 minutos después de comenzar la

mezcla. El ploter ACCUVOL es obtenido de una máquina que toma múltiples imágenes ópticas, creando una reconstrucción tridimensional del objeto en la memoria de la computadora, tomando imágenes en una secuencia de tiempo y usando sustracción de imágenes para obtener una medición volumétrica de la contracción.

La liberación de fuerzas que ocurre dentro de los 5 minutos de la reacción (figura 8 baja), mostradas en el ACCU-VOL 2,5% de un total de 3.4% de contracción se lleva a cabo, en este período de tiempo. De ese modo, al colocar la resina tiene para acomodarse solamente 1 % de la contracción volumétrica.

Sagacuchi, (1998). Davidson, (1997), han sugerido, que existe un punto Gel en el proceso de polimerización. Antes de alcanzar este punto Gel, la resina actúa con una viscosidad fluida que puede estar sometida a la liberación de fuerzas por la cantidad de flujo viscoso que sale, por cuanto, después del punto Gel, la resina puede ser descrita como un sólido rígido. La fuerza de contracción en un sólido es similar a la fuerza observada cuando los sólidos son sometidos a cambios de temperatura.

Los métodos que retardan alcanzar el punto Gel, pueden producir resinas con menor fuerza residual y, por ende, menos tracción hacia la interfase adhesiva. El punto Gel reduce la cantidad de fuerza para amoldarse (figuras de la 9 a la 11). En esencia, un factor de corrección K es introducida para reflejar la parte de la fuerza de polimerización que puede contribuir a la tracción final, con $s = a k E$. El valor de k puede ser de 0 a 1, indicando la fracción de contracción que contribuye a la tracción residual.

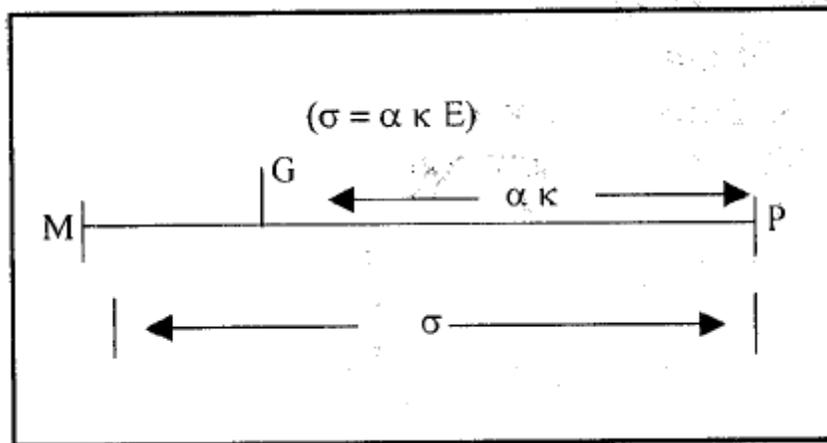


FIGURA 9: Localización del Punto Gel en las Resinas Autocuradas ($s = ak E$)

M. Monómero. (Pre-Gel, no rígido). P.= Polímero. (Post-Gel, rígido). s.= Contracción. ak.= Factor de Contracción. G. = Punto Gel. E. = Modulo Elástico.

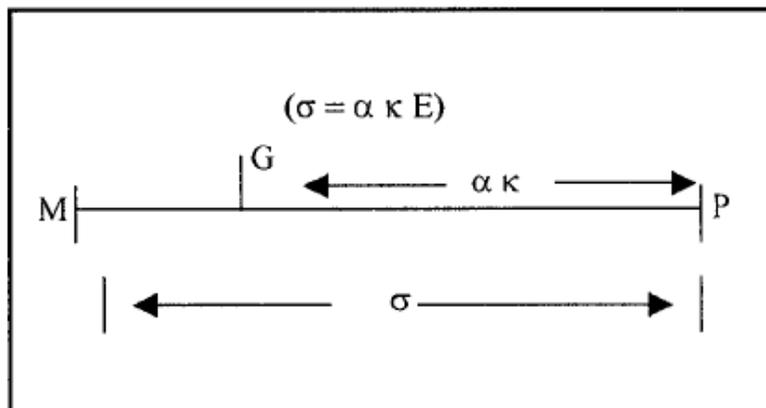


FIGURA 10: Localización del Punto Gel en las Resinas Fotopolimerizadas

M. Monómero. (No rígido) P.= Polímero. (Rígido) s.= Contracción. ak.= Factor de Contracción. G. = Punto Gel. E. = Modulo Elástico.

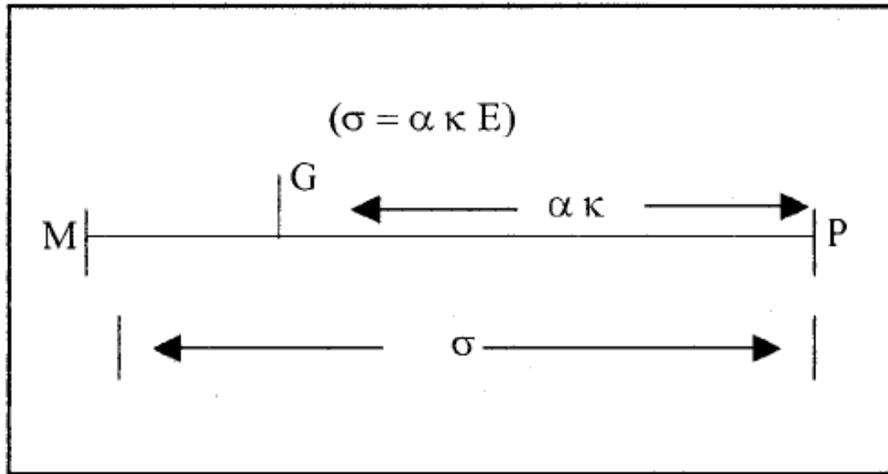


FIGURA 11: Localización del Punto Gel en la fotopolimerización Retardada

M. Monómero. (No rígido) P.= Polímero. (Rígido)
s.= Contracción. ak.= Factor de Contracción.
G. = Punto Gel. E. = Modulo Elástico.

Retardando el Punto Gel

El retardo del punto Gel puede ser logrado reduciendo la velocidad de polimerización. La mayoría de los esfuerzos para reducir la velocidad de polimerización se basan en la reducción de I intensidad de luz (Sagacuchi, 1998. Unterbrin 1995. Tarle, 1998.).

La intensidad corriente de luz para el curad es aproximadamente de $500\text{mW}/\text{cm}^2$. La intensidad fue reducida a casi $116\text{MW}/\text{CM}^2$ en un experimento (Sagacuchi, 1998).

Cuando la resina está curando, reduciendo la intensidad de luz y manteniendo el mismo tiempo de exposición, se reduce la energía total liberada para el sistema. La reducción en la intensidad reduce la velocidad de polimerización, por lo tanto, reduce la fuerza de tracción residual. Sin embargo, el grado de conversión y la resistencia al corte de la resina estaban disminuidos. Aunque usando baja o alta intensidad de luz, la energía total liberada debe ser la mínima necesaria para la resina.

A baja intensidad de luz, se requiere mayor tiempo de exposición, la duración de la exposición puede ser impracticable para intensidades muy bajas y requiere alta energía. Una solución para este problema es reducir solamente la energía inicial producida por la lámpara de luz, con un proceso llamado "polimerización de comienzo lento" (slow -start). (Koran, 1998).

Resultados preliminares no han mostrado que hubo una reducción en el estrés final. (Algera, 1998). Para este mismo autor, otra vía para reducir la velocidad de polimerización es disminuir el efecto de la molécula CQ., que está contenida en la retina. Las diferentes marcas comerciales de resinas muestran diferentes características de endurecimiento; algunas curan después de 10 segundos de exposición, donde otras requieren 40 segundos antes

de alcanzar su curado final. Las resinas de endurecimiento lento han demostrado mejor record clínico a lo largo de los años.

Al menos un reporte en la literatura sugiere que hay una intensidad mínima en la lámpara de luz ($233\text{mW}/\text{cm}^2$), durante la cual esta no sería efectiva. (Rueggeburg, Caughman, Curtís, 1994). Otros hallazgos no apoyan esta conclusión. Si el total de energía liberada para el sistema es constante, una resina bien curada puede ser obtenida a una intensidad de $100\text{mW}/\text{cm}^2$. Así, $500\text{mW}/\text{cm}^2$ por 20 segundos es equivalente a $200\text{mW}/\text{cm}^2$ por 50 segundos. (Suh, Cripe, Yin, 1998).

Estas investigaciones muestran que reduciendo el poder inicial de la luz en un rango de 100 a $200\text{mW}/\text{cm}^2$, seguido de un tiempo de espera de 3 a 5 minutos, y luego exponiéndola a la luz de alta intensidad por el tiempo recomendado, da una reducción significativa en el estrés final. Esta técnica es llamada Curado de polimerización retardada.

El periodo de espera es crucial en este procedimiento. La Figura 12 muestra los resultados obtenidos con dos resinas con variación en el tiempo de espera.

FIGURA 12

200 mW/cm² por 3 seg. espera. 500 mW/cm² por 17 seg.

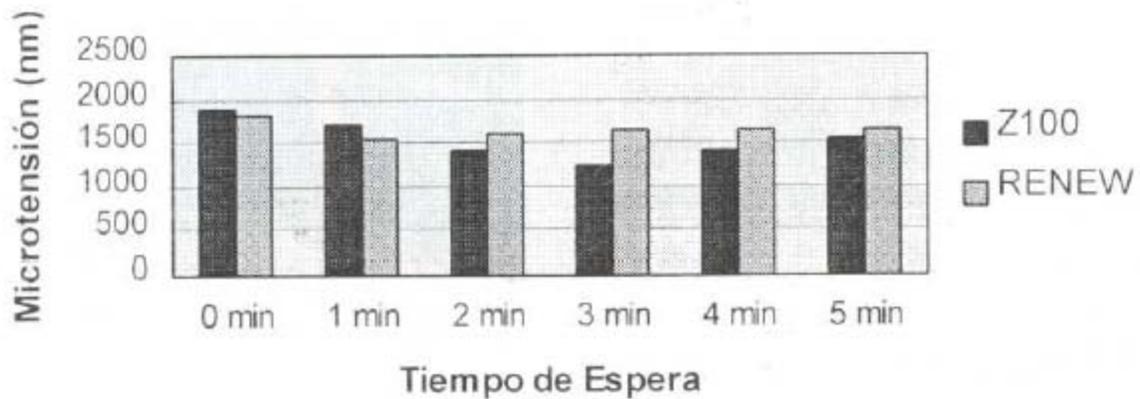


TABLA 8

Resina	Fabricante	Primer pulso mW/cm ² (tiempo/seg)	Segundo pulso mW/cm ² (tiempo/seg)	Tensión µm/m (Desviación Standard)	Reducción de la Contracción (%)	Contracción de la Resina (%)
ALERT	Jeneric/Pentron	0	500 (30)	1550 (80)	10	2.21
		200 (2)	500 (30)	1390 (1209)		
EPIC-TMPT	Parkell	0	500 (40)	1130 (20)	25	3.13
		200 (6)	500 (40)	850 (20)		
HERCULITE XR	Kerr	0	500 (40)	1400 (90)	19	3.45
		200 (3)	500 (40)	1140 (90)		
PERTAC II	ESPE	0	500 (40)	1640 (90)	4	3.65
		300 (6)	500 (40)	1580 (90)		
PRODIGY	Kulzer	0	500 (40)	1560 (120)	34	3.25
		200 (3)	500 (40)	1030 (130)		
SILUX PLUS	3M	0	500 (40)	1400 (80)	14	2.03
		200 (3)	500 (40)	1210 (40)		
SUREFIL	DENTSPLY	0	500 (40)	1420 (60)	19	2.23
		100 (2)	500 (40)	1110 (100)		
TPH SPECTRUM	DENTSPLY	0	500 (40)	1420 (60)	22	3.55
		100 (2)	500 (40)	1110 (100)		
Z100	3M	0	500 (40)	1730 (30)	21	2.70
		100 (3)	500 (40)	1370 (30)		
PYRAMID	Bisco dental	0	500 (15)	2400 (150)	15	3.70
		200 (3)	500 (10)	2040 (120)		
RENEW	Bisco dental	0	500 (20)	1810 (70)	24	3.38
		200 (4)	500 (20)	1380 (70)		

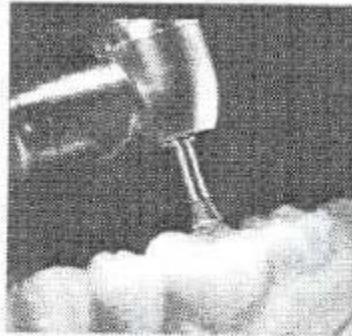
En la tabla 8, los resultados están dados por resinas que han sido polimerizadas siguiendo las recomendaciones del fabricante y usando la técnica de curado de polimerización retardada, teniendo el cuidado de usar la misma cantidad de energía (en mW/cm² o m J) en todos los casos.

El rango de reducción del estrés fue de 4% la más baja y de 34% la mas alta, para las resinas probadas. Para la mayoría de las resinas el pulso inicial es de 3 segundos de exposición a 200mW/ cm². El rango de tiempo varía de 2 a 6 segundos. El tiempo de exposición es seleccionado, Así la resina tendrá una superficie con una marca Barcol que indique que la resina tiene suficiente dureza para ser terminada y pulida. Los dentistas pueden continuar terminando la resina por 3 a 5 minutos antes de la cura final, usando la máxima exposición a 500mW/cm² por el tiempo recomendado (de 20 a 40 segundos según el fabricante). La exposición debe ser dividida en partes iguales: bucal, lingual y oclusal (técnica BLO).

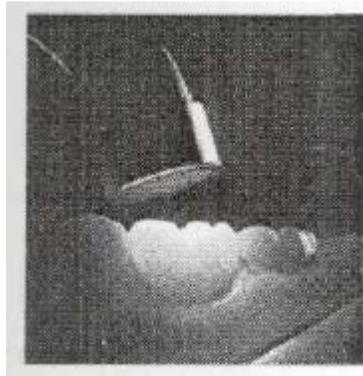
Proceso inicial de polimerización a baja intensidad 200mW/cm 3 por segundos



Tres minutos de espera para relajar las tensiones inducidas de polimerización. Se puede finalizar la restauración durante ese tiempo.



Curado final: 30 segundos de alta intensidad a 500 mW/cm^2 aplicando la técnica de BLO.



Lámpara de polimerización de intensidad variable que facilita la polimerización retardada en los dos pasos de curado antes mencionados.



CONCLUSIONES

Se puede concluir argumentando que al usar altas intensidades de luz para acelerarla velocidad de polimerización, se aumenta la fuerza residual de contracción de la resina.

Asimismo, la exposición a bajos niveles de luz por un largo periodo de tiempo es beneficiosa. En un endurecimiento clínico, esto puede pasar inadvertido por el Odontólogo. Cuando exponemos la resina a través de las paredes del diente, como exposición por lingual y bucal, más de la mitad de intensidad es absorbida por el diente y no por la resina. Una reducción significativa de las fuerzas residuales puede ser lograda usando la técnica de curado de polimerización retardada.

Basado en esta exposición de la tracción y la deformación, se puede observar que el módulo de elasticidad, la velocidad de polimerización y la contracción, deben ser tomados en cuenta cuando decide elegir una resina para que produzca tenor tracción en la interfase adhesiva entre la resina y el diente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.- Mehl, Hickel R, Kunzelmann KH (1.997): Physical properties and gap formation of light-cured composites with and without "soft-start-polymerization." J dent 25:321-323.
- 2.- Goracci G Giovanni M, Martinis LC (1996): Curing light intensity and marginal leakage of resin composites restorations. Quint Inter 27:355362.
- 3.- Bouschlicher MR, Vargas MA, Boyer DB (1.997): Effect of composites type, light intensity, configuration factor and laser polymerization on polymerization contractions forces. Am J Dent 10:88-96.
- 4.- Van Viack LH. (1.985): Elements of Materials Science and Engineering, ed 5. Reading, M.A, Adisson Wesley.
- 5.- Anusavice KJ (1.996): Phillips' Science of Dental Materials, ed 10. Philadelphia, WB Saunders.
- 6.- Nomoto R, Hrasawa T (1.997): (Effect of light wavelength on polymerization of light-cured resin. J Dent Res 76 (IADR Abstract)
- 7.- De Gee AJ, Feilzer AJ, Davidson CL (1.993): True linear polymerization shrinkage of unfilled resins and composites with a linometer. Dent Mater 9:11-14.
- 8.- Versluis A. Tantburojn D, Douglas WH (1988): Do Dental composites always shrink towards the light? J Dent Re 77(6): 1435-1445.
- 9.- Bayne SC, Thompson JY, Swift EJ Jr, et al (1.992): A characterization of first generation flowable composites. J Am Dent Assoc 129:567577.
- 10.- Sakaguchi RL, Peters MCRB, Nelson SR, et a (1.992): Effects of polymerization contraction in composite restorations. J. Dent 20:178-182.
- 11.- Bouschlicher MR, Vargas MA, Boyer DB (1.997): Effect of composite type, light intensity, configuration factor and laser polymerization on polymerization contraction forces. Am J Dent 10:8896.
- 12.- Sagacuchi RL, Berghe HX (1.998): Reduced light energy density decreases post-gel contraction while maintaining degree of conversion in composites. J Dent 26:695-700.
- 13.- Davidson CL, Feilzer AJ: Polymerization shrinkage and polymerization stress in polymer based restorative. J Dent 25:435-440, 1.997.
- 14.- Unterbrink GL, Muessner R (1.995): Influence of light intensity on two restorative systems. J Dent 23 (3): 183-189.
- 15.- Tarle Z, Meniga M, Ristic M, et al (1.998): The effect of photo polymerization method on the quality of composite resin samples. J Oral Re-hab 25:436-442.

- 16.- Koran P, Kurschner R (1.998): Effect of sequential versus continuous radiation of a light cured resin composite on shrinkage, viscosity, adhesion and degree of polymerization. *Am J Dent* 10:17-22.
- 17.- Algera TJ, Feilzer AJ, de Gee AJ, et al (1998) The influence of slow-start polymerization on the shrinkage stress development. *J Dent Res* 77 (special issue, Abstract IADR General Session).
- 18.- Rueggeburg FA, Caughman WF, Curtis JW (1.994): Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Operative Dentistry* 19:26.
- 19.- Suh BI, Cripe CA, Yin R (1.998): Light intensity and exposure time effects on light-cured composites. *J Dent Res* 77 (IADR Abstracts).