

Parámetros de interés de las lámparas de polimerizar

(II): Intensidad de la luz

Uno de los parámetros más importantes es la intensidad de la luz ya que de la cantidad de fotones que alcancen, no sólo la capa superficial del material, sino también las capas más profundas, dependerán las propiedades físicas del mismo.

INTRODUCCIÓN

La importancia de la intensidad de la luz emitida radica en que es uno de los parámetros que determinarán la calidad de la polimerización del material. En este sentido, a mayor intensidad mayor número de fotones incidirán sobre el composite, con lo que será mayor el número de moléculas de fotoiniciador que generarán radicales libres, que son los que de hecho dan lugar a la reacción de polimerización.

La intensidad se mide en mW/cm^2 . Se considera que la mínima intensidad para polimerizar una capa de 2mm de grosor de composite debe ser de $350\text{mW}/\text{cm}^2$ siempre y cuando el tiempo de exposición a la luz sea de 40 segundos, aunque Caughman y col. (1995) la rebajan hasta los $280\text{--}300\text{mW}/\text{cm}^2$. En las situaciones en las que la intensidad se sitúe por debajo de los $300\text{mW}/\text{cm}^2$ deberemos alargar el tiempo de exposición hasta llegar a los 60 segundos. No deberían utilizarse intensidades por debajo de los $233\text{mW}/\text{cm}^2$ (Rueggeberg y col. 1994a). De hecho, Yap y col. (2001) han hallado que **con una intensidad de $200\text{mW}/\text{cm}^2$ no es posible polimerizar adecuadamente una capa de 2mm** de composite a pesar de alargar el tiempo de exposición.

Los diferentes tipos de lámparas que encontramos en el mercado emiten luz con unas intensidades más o menos definidas. Así, las lámparas halógenas convencionales emiten una luz de $400\text{--}800\text{mW}/\text{cm}^2$, las de láser argón están alrededor de los $1000\text{mW}/\text{cm}^2$, las halógenas rápidas suben hasta los $1000\text{--}1600\text{mW}/\text{cm}^2$, las de arco de plasma superan los $2000\text{mW}/\text{cm}^2$ y las de diodos emisores de luz (DEL) están entre $136\text{--}350\text{mW}/\text{cm}^2$ según el modelo (la Ultralume 2 de Ultradent alcanza los $510\text{mW}/\text{cm}^2$).

Analizaremos a continuación aquellos factores que influyen en la intensidad de la luz así como su repercusión en la calidad de la polimerización. Las altas intensidades y la progresión de la intensidad serán revisadas en un próximo artículo.

DISTANCIA DE LA PUNTA DE LA GUÍA DE LUZ A LA SUPERFICIE DEL MATERIAL

El primer factor que influye en la intensidad de luz que alcanza la superficie del material es la distancia que la separa de la punta de la guía de luz. Lo ideal es situar la punta de la guía a no más de 1mm del composite pero con frecuencia no es posible esta proximidad. Si aumenta la separación, va disminuyendo la intensidad de manera inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. De ahí que algunas marcas comercialicen guías pequeñas con la intención de poderlas introducir en las cavidades, sobretodo en las clases II, y asegurar así la mejor polimerización del composite. Veamos en la siguiente tabla como decrece la intensidad de luz emitida por una lámpara halógena convencional (Optilux 401 de Kerr/Demetron) al aumentar la distancia a la superficie del composite (Pires y col. 1993):

| Distancia (en mm) | Intensidad |
|--------------------------|-------------------|
| 0 | 100% |
| 2 | 76.5% |
| 6 | 45.4% |
| 12 | 24.7% |

Podemos observar como la intensidad ya decrece en un 25% al pasar de 0 a 2mm, y aún más al pasar de 0 a 6mm, que es lo que suele ocurrir en las clases II. Así pues, si p.e. nuestra lámpara emite con una intensidad de 500mW/cm², el piso gingival de una clase II no recibirá más de 250mW/cm². Una forma de compensarlo será alargando los tiempos de exposición. Ahora bien, hemos partido de una intensidad de 500mW/cm². Veremos algo más adelante en este artículo como con frecuencia las lámparas, si no son revisadas periódicamente, emiten con intensidades menores por lo que será más fácil caer por debajo de los 233mW/cm² y polimerizar insuficientemente el material.

Este aumento de la distancia no sólo disminuye la intensidad de luz sino que también el grado de conversión. Como se detallará en el artículo correspondiente, un insuficiente grado de conversión dará lugar a un descenso en la resistencia transversal y la resistencia mecánica, un aumento de la sorción acuosa y la solubilidad y un empeoramiento en la estabilidad del color. Se ha observado como el tipo de matriz utilizada influye en la intensidad lumínica que alcanza el piso gingival de una clase II. Así, la intensidad no decrece tanto cuando se utilizan matrices metálicas en lugar de matrices de acetato (Prati y col. 1999).

DIÁMETRO DE LA GUÍA DE LUZ

El valor de intensidad generada por la lámpara no es absoluto sino que depende del diámetro de la guía de la lámpara, como vimos en el artículo anterior (Parámetros de interés de las lámparas de polimerizar (I)). En este sentido, sería necesario conocer en cada lámpara con que guía se ha medido la intensidad ya que vemos que es un valor de potencia dividido por una superficie, la del extremo de la guía. Así, al pasar de una guía de 8mm, que suele ser en muchos casos la estándar, a una de 11mm se produce un incremento en el área de la guía de casi un 90%, y sabemos que la intensidad disminuye con el cuadrado de la superficie. Si seguimos el camino inverso, es decir, pasamos de un diámetro de salida de la lámpara mayor que el del extremo de la guía, aumentará la intensidad (es lo que ocurre con las guías Turbo).

POLIMERIZACIÓN A TRAVÉS DE DIFERENTES MATERIALES

Si ya se produce una atenuación al aumentar la distancia a la superficie del material, esa atenuación es aún mayor cuando el haz de luz atraviesa el composite, una carilla de porcelana o el mismo diente.

Una vez penetra la luz en el **composite** se va produciendo un descenso progresivo en la intensidad de la misma a causa de:

- La absorción de fotones por las capas de composite más superficiales.
- La dispersión de los que atraviesan el material.

Así, llegan menos fotones a las capas más profundas y todo ello redonda en un descenso en el grado de conversión y, por tanto, en unas peores propiedades mecánicas resultantes. Este descenso ha sido demostrado por diferentes autores:

- Marais y col. (1997) hallan que sólo el 50% de la intensidad original supera los 0.5mm, un 25% supera una profundidad de 1mm y sólo un 9% alcanza los 2mm.
- Price y col. (2000) hallan que sólo un 53% de la intensidad supera los 0.5mm de composite y, a 2mm, sólo llega un 17% de la intensidad original.

Una forma de aumentar ese número de fotones es aumentar la intensidad de la luz emitida. Así, a mayor intensidad, mayor profundidad de polimerización, aunque tiene un límite. Se ha visto que, independientemente del tipo de lámpara y de la intensidad de la luz emitida, **no deberemos superar los 2mm de grosor en cada capa de composite**. Además, por el hecho de aumentar la proporción de fotoiniciador no aumenta la profundidad de polimerización.

El color del propio composite también influye de manera que la profundidad es de forma clara mayor cuando se polimeriza a través de un A1, B1, C1 y D2 que no cuando se hace a través de un A4, B4, C4 o D4. Esta carencia la podemos suplir aumentando el tiempo de exposición a la luz.

A pesar de que se ha relacionado el porcentaje y tamaño del relleno con la transmisión de luz a través del composite, no se ha hallado una relación lineal entre ambos factores. Mientras que Rueggeberg y col. (1994b) y Leonard y col. (2001) han observado que el descenso en la intensidad de luz es mayor en los composites de microrrelleno y también al aumentar el porcentaje de relleno, Price y col. (2000) no han hallado diferencias en función del tamaño o del porcentaje de relleno.

Las **carillas de porcelana** se suelen cementar con cementos de composite fotopolimerizables ya que así podemos controlar mejor el tiempo de trabajo. El inconveniente que esto representa es que debemos garantizar la polimerización de todo el composite a través de la carilla. Para ello es necesario alargar el tiempo de polimerización con las lámparas halógenas convencionales hasta los 60 segundos. Esto también es válido para las lámparas de arco de plasma, con las que deberíamos polimerizar durante 10

segundos en vez de los 5 segundos que recomiendan las casas comerciales. Además, se ha comprobado que lo realmente determinante no es el tipo de porcelana con que se haya confeccionado la carilla (feldespática o Empress) sino la intensidad de luz que alcanza el cemento y que esa luz caiga dentro del espectro de sensibilidad del fotoiniciador (Rasetto y col. 2001).

En cuanto al **diente**, la transmisión de luz es mejor cuando se produce a través de dentina húmeda (diente vital) que no cuando se produce a través de dentina seca (diente desvitalizado). Además, la polimerización será insuficiente cuando se polimerice a través de 2mm de dentina (Prati y col. 1999).

DUREZA DEL COMPOSITE

La calidad de la polimerización suele valorarse a través de la dureza del propio composite o del grado de conversión alcanzado. Por lo que respecta a la dureza, ésta viene determinada por la intensidad de la luz incidente. Se admite que una polimerización, para ser considerada satisfactoria, debe conseguir una dureza superficial de al menos 70KHN (Pilo y col. 1992, Yap y col. 2000) o, si es en unidades de dureza Barcol, de al menos 80.

Ahora bien, la capa más externa de composite suele recibir suficientes fotones y la luz no se ve atenuada, por lo que normalmente adquiere una dureza adecuada. En cambio, a 2mm de profundidad, el número de fotones disminuye y la dureza que alcanza esta capa más profunda sí que se ve influida tanto por la distancia de la guía como por la intensidad de la luz. Por ello, la dureza superficial no es un buen indicador de la dureza en profundidad (2mm) y será importante diferenciar entre ambas.

Así pues, es más adecuado establecer la relación entre la dureza superficial y la dureza a 2mm de profundidad, que es el máximo grosor de composite aconsejable para polimerizar de una vez. Esta relación debe ser al menos de 0.8, es decir, **la dureza a 2mm de profundidad debería ser al menos un 80% de la superficial** (no se puede conseguir el 100% ya que no llega el mismo número de fotones a las capas profundas).

Para conseguir esa relación de 0.8 podemos combinar distintas intensidades con diferentes tiempos de exposición (Yap y col. 2001):

- 300mW/cm² durante 120seg.

- 400mW/cm² durante 40seg.
- 500mW/cm² durante 30seg.
- 600mW/cm² durante 30seg.

Además, para conseguir una suficiente dureza superficial para poder proceder a ajustar la oclusión, es suficiente una intensidad de 200 ó 300mW/cm² durante 20seg. o también una intensidad de 500 ó 600mW/cm² durante 10seg. En estos valores se basa una modalidad de polimerización en la que se polimeriza cada capa 10seg. a 500 ó 600mW/cm², se ajusta la oclusión y se termina polimerizando todo 30seg. más (Keogh, 2001).

Según el tipo de composite, microrrelleno o híbrido, variará la dureza en profundidad y, por tanto, la relación entre ésta y la dureza superficial. En este sentido, a igual tiempo de exposición e intensidad de luz, la dureza es mayor en los híbridos que en los de microrrelleno. Por ello, para conseguir valores similares deberemos aumentar el tiempo de exposición cuando se trate de los composites de microrrelleno. Esto es aún más acentuado cuando se trata de diodos emisores de luz -DEL- (Burgess y col. 2002). De hecho, independientemente del tipo de composite y del porcentaje de relleno, con los DEL deberemos alargar los tiempos de exposición si queremos obtener valores similares de dureza a los de las halógenas (Moore y col. 2002).

DENSIDAD ENERGÉTICA

Es difícil comparar entre lámparas ya que, no sólo las intensidades de luz emitidas son distintas, sino que también lo son los tiempos de exposición a la luz. Así pues, hace falta un parámetro que relacione ambas características y éste es la densidad energética. Se determina realizando el **producto entre la intensidad de luz emitida y el tiempo durante el cual la luz incide** sobre el material y sus unidades son los J/cm² (ó mW*seg/cm²). Ahora bien, no olvidemos que no todo es intensidad de luz, ya que es fundamental que esa luz caiga dentro del espectro de sensibilidad del fotoiniciador.

Nomoto y col. (1994) ya demostraron que cuando la densidad energética se mantiene constante, tanto la profundidad de polimerización como el grado de conversión se mantenían igualmente constantes independientemente de cuál fuera la intensidad de luz emitida o el tiempo durante el cual incidiera la luz

sobre el composite. Esto ha sido confirmado recientemente por Abate y col. (2001).

La importancia de este hecho radica en que nos permite acomodar diferentes intensidades con distintos tiempos de exposición con el fin de conseguir la mínima densidad energética necesaria (al menos $17\text{J}/\text{cm}^2$). A modo de ejemplo, si comparamos una halógena convencional como la 3000 XL de 3M con una de arco de plasma como la Apollo 95E de DMD, constatamos dos hechos:

- La intensidad emitida por la 3000XL es de unos $480\text{mW}/\text{cm}^2$ y la emitida por la Apollo 95E es de unos $1370\text{mW}/\text{cm}^2$.
- El tiempo de exposición en la primera es de 40 segundos y en la segunda de 3 segundos, lo que da lugar a una densidad energética de $19.2\text{J}/\text{cm}^2$ para la primera y de $4.1\text{J}/\text{cm}^2$ para la segunda.

Así pues, podemos comprobar como la energía total emitida es bastante mayor con la halógena convencional al tiempo que con la de arco de plasma no se alcanzan los $17\text{J}/\text{cm}^2$. Esto explicaría porque el grado de conversión de los composites polimerizados con la Apollo 95E es menor si se compara con la 3000XL. Si queremos mejorar la densidad energética con las lámparas de plasma deberemos alargar los tiempos de exposición.

Nomoto y col. (2002) han comparado precisamente este hecho y han obtenido los siguientes resultados en cuanto a grado de conversión (en función del tiempo y grosor del composite):

| | 0.05mm | 0.50mm | 1.00mm | 1.50mm | 2.00mm | 2.50mm |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Halógena-20seg. | 62.6 | 66.1 | 65.6 | 63.9 | 58.5 | 45.0 |
| Plasma-3seg. | 53.7 | 63.0 | 62.3 | 52.3 | 30.5 | 18.0 |
| Plasma-6seg. | 60.5 | 63.4 | 64.9 | 64.6 | 55.2 | 41.5 |
| Plasma-9seg. | 63.7 | 65.2 | 66.5 | 65.8 | 64.2 | 55.0 |

Podemos constatar como un tiempo de exposición de sólo 3 seg. con una lámpara de plasma es insuficiente para conseguir un grado de conversión similar al de la halógena convencional (y eso que el tiempo de exposición de la halógena ha sido de sólo 20seg.).

ESTADO DE LA LÁMPARA

Muchos factores dependientes del estado de los componentes de la lámpara afectan la intensidad de luz emitida:

- Rotura de las fibras ópticas
- Degradación de la bombilla
- Degradación del filtro o un mal alineamiento del mismo
- Restos de composite o restos orgánicos en la guía
- Utilización de productos desinfectantes como el glutaraldehído

También las fluctuaciones en la tensión eléctrica pueden dar lugar a variaciones en la intensidad de la luz.

Es importante tener presente que, con el tiempo, el filtro pierde eficacia y va dejando pasar radiación de longitud de onda de más de 500nm (luz roja e infrarroja), que produce mucho calor sin favorecer la polimerización. Se considera inaceptable toda lámpara cuya radiación calórica supere los 50mW/cm², por lo que deberemos cambiarle el filtro (hay radiómetros específicos para detectar esa radiación calórica).

Los diferentes estudios realizados en las consultas de distintos países y que han evaluado el estado de las lámparas de polimerizar demuestran que una gran parte de ellas emiten con una intensidad por debajo de lo recomendable.

Así:

- En uno hecho en Tokio, el 25% de las lámparas emitían por debajo de los 300mW/cm² y, al reemplazar los componentes afectados, se conseguía incrementar la intensidad en un 36% cuando se trataba de la bombilla, en un 158% cuando se trataba de los filtros, en un 46% cuando se trataba de la guía y en un 323% cuando se trataba de los tres (Miyazaki y col. 1998).
- En otro estudio realizado en Australia, el 27% de lámparas emitían como mucho a 200mW/cm² y el 44% de los profesionales polimerizaban durante 20 segundos o menos (Martin 1998). La combinación de ambos factores da lugar a una insuficiente polimerización del composite.
- En un tercer estudio realizado en España, un 27.9% de lámparas emitían por debajo de los 200mW/cm² y la radiación calórica superaba los 50mW/cm² en el 24% de las lámparas. Además, el filtro estaba en mal estado en el 15.3% de casos, el 23.9% presentaban una guía con

alguna fibra rota y sólo el 48.3% de las guías tenían realmente limpio el extremo de la guía (Abalos-Labruzzi y col. 1999).

- En un cuarto estudio llevado a cabo en Israel (Pilo y col. 1999) se halló que sólo el 45% de las lámparas emitían por encima de los 300mW/cm², mientras que hasta el 33% estaba por debajo de los 200mW/cm². Además, en el 24% la radiación calórica superaba los 50mW/cm².
- Por último, en un reciente estudio llevado a cabo en Inglaterra se ha visto que un 65% de los encuestados polimerizaban durante menos de 40 segundos y que el 28% de lámparas emitían por debajo de los 300mW/cm² (Mitton y col. 2001).

Todos estos resultados demuestran la importancia de controlar periódicamente el estado de nuestras lámparas y de verificar la intensidad de la luz emitida. Para poder controlar la eficacia de nuestra lámpara y detectar un descenso en la intensidad tenemos a nuestra disposición los **radiómetros**, que ya fueron descritos en el artículo Parámetros de interés de las lámparas de polimerizar (I).

Dr. Ernest Mallat Callís
Médico-Odontólogo

- Abalos-Labruzzi C., Martín-Hernández J., Llamas-Cadaval R., Jiménez-Planas A. Factores que influyen en la intensidad producida por las lámparas de polimerización. *RCOE* 1999; 4: 25-38.
- Abate P.F., Zahra V.N., Macchi R.L. Effect of photopolymerization variables on composite hardness. *J Prosthet Dent* 2001; 86: 632-635.
- Burgess J.O., Porche C. Composite hardness cured with four LED and one quartz-tungsten halogen curing lights. [IADR/AADR/CADR 80th General Session \(March 6-9, 2002\)](#)
- Caughman W.F., Rueggeberg F.A., Curtis J.W. Clinical guidelines for photocuring restorative resins. *JADA* 1995; 126: 1280-1286.
- Chen R.S., Liu W.C., Tseng W.Y., Hong C.Y., Hsieh C.C., Jeng J.H. The effect of curing-light intensity on the cytotoxicity of a dentin-bonding agent. *Oper Dent* 2001; 26: 505-510.
- Correr L., Lima A., Consani S., Sinhoreti M.A., Knowles J.C. Influence of curing tip distance on composite Knoop hardness values. *Braz Dent J* 2000; 11: 11-17.
- CRANewsletter. Problems associated with resin curing - June 1999.
- Dennison J.B., Yaman P., Seir R., Hamilton J.C. Effect of variable light intensity on composite shrinkage. *J Prosthet Dent* 2000; 84: 499-505.
- Ferracane J.L., Aday P., Matsumoto H., Markerer V.A., Relationship between shade and depth of cure for light activated dental composite resins. *Dent Mater* 1986; 2: 80-84.
- Ferracane J.L., Mitchem J.C., Condon J.R., Todd R. Wear and marginal breakdown of composites of various degrees of cure. *J Dent Res* 1997; 76: 1508-1516.
- Keogh T.P. Polimerización iniciada mediante luz: Claros y oscuros de las nuevas técnicas. *Ideas y trabajos odontoestomatológicos* 2001; 2: 29-37.
- Kunzelmann K.H., Kaaden C., Hiebsch M., Hickel R. Effects of different polymerization regimes on composite shrinkage forces. [IADR/AADR/CADR 80th General Session \(March 6-9, 2002\)](#).
- Leonard D.L., Charlton D.G., Roberts H.R., Hilton T.J., Zionit A. Determination of the minimum irradiance required for adequate polymerisation of a hybrid and microfilled composite. *Oper Dent* 2001; 26: 176-180.

- Marais J.T., Dannheimer M.F.G., Gemishuys P.J., Borman J.W. Depth of cure of light-cured composite resin with light-curing units of different intensity. *J Dent Assoc South Africa* 1997; 52: 403-407.
- Martin F.E. A survey of the efficiency of visible light curing units. *J Dent* 1998; 26: 239-243.
- Mills R.W., Jandt K.D., Ashworth S.H. Dental composite depth of cure with halogen and blue light emitting diode technology. *Brit Dent J* 1999; 186: 388-391.
- Mitton B.A., Wilson N.H.F. The use and maintenance of visible light activating units in general practice. *Brit Dent J* 2001; 191: 82-86.
- Miyazaki M., Hattori T., Ichiishi Y., Kondo M., Onose H., Moore B.K. Evaluation of curing units used in private dental offices. *Oper Dent* 1998; 23: 50-54.
- Moore B.K., Platt J.A., Clark H.E. Properties of three commercial LED, blue-light activating units. [IADR/AADR/CADR 80th General Session \(March 6-9, 2002\)](#)
- Nicholls J.I. Dental lights, light meters and light meter readings. *Quintessence Int* 2001; 32: 818-819.
- Nomoto R., Hirano S. Evaluation of non-tungsten light curing units. [IADR/AADR/CADR 80th General Session \(March 6-9, 2002\)](#)
- Nomoto R., Uchida K., Hirasawa T. Effect of light intensity on polymerization of light-cured composite resins. *Dent Mater J* 1994;13: 198-203.
- Pilo R., Cardash H.S. Post-irradiation polymerization of different anterior and posterior visible light-activated resin composites. *Dent Mater* 1992; 8: 299-304.
- Pilo R., Oelgiesser D., Cardash H.S. A survey of output intensity and potential of depth of cure among light-curing units in clinical use. *J Dent* 1999; 27: 235-241.
- Pires J.A., Cvitko E., Denehy G.E., Swift E.J. Effect of curing tip distance on light intensity and composite resin microhardness. *Quintessence Int* 1993; 24: 517-521.
- Prati C., Chersoni S., Montebugnoli L., Montanari G. Effect of air, dentin and resin-based composite thickness on light intensity reduction. *Am J Dent* 1999; 12: 231-234.
- Price R.B., Derand T., Sedarous M., Andreou P., Loney R.W. Effect of distance on the power density from two light guides. *J Esthet Dent* 2000; 12: 320-327.
- Price R.B., Murphy D.G., Derand T. Light transmission through cured resin composite and humn dentine. *Quintessence Int* 2000; 31: 659-667.
- Rasetto F.H., Driscoll C.F., Fraunhofer J.A. Effect of light source and time on the polymerization of resin cement through ceramic veneers. *J Prosthodont* 2001; 10: 133-139.
- Reality. Reality Publishing Co. 2001: 149-172.
- Reality now. High powered curing lights. May 1999.
- Rueggeberg F.A., Caughman W.F., Curtis J.W., Davis H.C. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Oper Dent* 1994a; 19: 26-32.
- Rueggeberg F.A., Caughman W.F., Curtis J.W., Davis H.C. A predictive model for the polymerization of photoactivated resin composites. *Int J Prosthodont* 1994b; 7: 159-166.
- Rueggeberg F.A., Twiggs S.W., Caughman W.F., Khajotia S. Lifetime intensity profiles of 11 light-curing units. *J Dent Res* 1996; 75: 380. Abstr. n° 2897.
- Shortall A.C., Harrington E. Guidelines for the selection, use and maintenance of visible light activation units. *Br Dent J* 1996; 181: 383-387.
- Silikas N., Eliades G., Watts D.C. Light intensity effects on resin composite degree of conversion and shrinkage strain. *Dent Mater* 2000; 16: 292-296.
- Tanoue N., Koishi Y., Matsumura H., Atsuta M. Curing depth of different shades of a photoactivated prosthetic composite material. *J Oral Rehab* 2001; 28: 618-623.
- Yap A.U.J., Wang H.B., Siow K.S., Gan L.M. Polymerization shrinkage of visible light-cured composites. *Oper Dent* 2000; 35: 98-103.
- Yap A.U.G., Seneviratne C. Influence of light energy density on effectiveness of composite cure. *Oper Dent* 2001; 26: 460-466.

Publicado el 29/07/2002 en Geodental.com <http://www.geodental.net/article-5909.html>