

Resistencia a la flexión, a la abrasión y sorción acuosa de tres diferentes marcas comerciales de materiales utilizados para restauraciones indirectas: Un estudio comparativo

Aída Ligia Villagrán Rojas^a/Juana Paulina Ramírez Ortega^b

Objetivo: Comparar la resistencia a la flexión, a la abrasión y sorción acuosa de tres materiales para restauraciones indirectas. **Materiales y método:** Se seleccionaron tres materiales: Adoro®, BelleGlass® y Cristóbal®, elaborando un total de 90 muestras. En las pruebas de resistencia a la flexión y sorción acuosa los resultados se notificaron en megapascuales (MPa) y microgramos por milímetro cúbico, respectivamente. La resistencia a la abrasión se valoró de acuerdo con la pérdida de peso y longitud, calculando los resultados en porcentaje. **Resultados:** Los resultados de la resistencia a la flexión se analizaron con una prueba ANOVA de una vía y no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Para las pruebas de abrasión y sorción acuosa se utilizó una ANOVA de una vía (Kruskal Wallis); en la prueba de resistencia a la abrasión se encontraron diferencias estadísticamente significativas tanto para la pérdida de longitud ($P < 0,001$), como para la pérdida de peso ($P < 0,011$). En la prueba de sorción acuosa también se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P = 0,001$). **Conclusiones:** En las pruebas de resistencia a la flexión no se encontraron diferencias entre los materiales. En las pruebas de abrasión y sorción acuosa, el material que presentó mejores propiedades fue Adoro.

Palabras clave: Abrasión, cerómeros, resistencia a la flexión, restauraciones indirectas, sorción acuosa.

Introducción

Durante la última década del siglo XIX, se realizaron restauraciones tipo *inlay* de vidrio y cerámica; sin embargo, durante los primeros años del siglo XX esta técnica fue abandonada, ya que estos *inlays* de cerámica cementados convencionalmente fracasaban debido a la poca capacidad del cemento para unirse a la estructura dental y al material restaurador¹. La técnica de resinas compuestas indirectas se introdujo en 1980 por Mormann en Alemania², Touati y Pissis^{1,2} en Francia, quienes fueron los pioneros al realizar varios estudios acerca del comportamiento de estos materiales. La primera generación de materiales para restauraciones indirectas de resinas compuestas ofrecían varias ventajas, como fácil fabricación, bajo costo, resultados es-

téticos inmediatos, adecuada adaptación marginal, reducción de la contracción de polimerización, contactos proximales adecuados y baja abrasión.

La primera generación de sistemas de resinas compuestas para restauraciones indirectas (1980) fue de microrrelleno (Dentacolor de Kulzer®, Isosit N de Ivoclar® y Visiogem de ESPE®) y exhibían algunas desventajas: inadecuada resistencia, deformación a la flexión, fractura de los bordes marginales e inestabilidad del color². El mejoramiento limitado de esta primera generación de composites de microrrelleno requirió que se incrementaran las propiedades mecánicas mediante polimerización con láser de argón, presión, calor y pospolimerizado de estos materiales, reduciendo así las fallas y ganando aceptación clínica en EE. UU. y Europa³.

A mediados de los años noventa, la segunda generación de sistemas de resinas compuestas para restauraciones indirectas se introdujo con propiedades mecánicas significativamente mejoradas. Mientras la primera generación de estos materiales estaba compuesta principalmente de material de resina, la segunda generación de estos sistemas (Artglass de Kulzer®, Targis de Ivoclar®, Z100MP de 3M® y BelleGlass HP de Kerr®) está compuesta de rellenos minerales de tipo cerámico, lo cual contribuye al mejoramiento de las propiedades físicas de las restauraciones².

Las resinas compuestas de segunda generación para laboratorio, «polímeros cerámicos» o también conocidos

^aCirujano Dentista Especialista en Prótesis Bucal de la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Odontología de la UNAM.

^bProfesora de la Especialidad de Materiales Dentales de la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Odontología de la UNAM.

Correspondencia: Laboratorio de Materiales Dentales, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Odontología, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Institutos S/N Ciudad Universitaria, Copilco, Delegación Coyoacán, México, D.F., C.P. 04510

como cerómeros, están clasificados como una nueva generación de materiales para restauraciones indirectas, los cuales presentan diferentes procesos de polimerización como fotocurado y pospolimerizado con calor y presión, así mismo contienen partículas de relleno cerámico que mejoran considerablemente las propiedades mecánicas, incrementando así la resistencia a la fractura y la elasticidad de estos materiales, propiedades requeridas por las restauraciones que son cementadas a la estructura dental^{4,5}.

La utilización de estos sistemas de resinas compuestas para restauraciones intracoronales y extracoronales en dientes posteriores ha aumentado considerablemente debido a la demanda estética de los pacientes, a su costo accesible y al incremento en las propiedades físicas y mecánicas de estos materiales⁶.

Como la práctica odontológica muchas veces está basada en la aplicación de los materiales más recientes y que según comunicaciones de las casas comerciales estos cuentan con las mejores propiedades, es necesario realizar estudios que comprueben que dichos materiales cumplen los requisitos para aplicarlos en la práctica clínica.

El objetivo de este estudio *in vitro* fue comparar la resistencia a la flexión, la abrasión y la sorción acuosa de tres materiales a base de resina para restauraciones indirectas.

Materiales y métodos

Se seleccionaron tres materiales para restauraciones indirectas a base de resina de diferentes casas comerciales: Adoro de Ivoclar Vivadent®, BelleGlass de Kerr® y Cristóbal de Dentsply®, cuya información proporcionada por el fabricante y método de polimerización se presentan en la tabla 1. Estos materiales fueron evaluados mediante tres pruebas mecánicas: resistencia a la flexión, resistencia a la abrasión y sorción acuosa. Todos los materiales se manejaron de acuerdo con las instrucciones del fabricante y se elaboraron un total de 90 muestras. Para las pruebas de resistencia a la flexión y sorción acuosa se siguió el método propuesto por la norma internacional ISO 4049.

Resistencia a la flexión. Se prepararon 30 muestras (10 de cada marca) utilizando moldes de acero inoxidable de 25 ± 2 mm de largo por 2 ± 0,1 mm de ancho por 2 ± 0,1 mm de grosor. Una vez removidas las muestras del molde se al-

macenaron en agua destilada a 37 °C ± 1 °C. Después de 23 horas y 45 minutos de elaborada la muestra, se midió con un vernier electrónico (Electronic Digital Calper Fowler, Japan) con aproximación de ±0,01 mm y a las 24 horas se sometió a una carga de 50 ± 16 N/min y una velocidad de 0,75 ± 0,25 mm/min en una máquina universal de pruebas (Instron Co., EE. UU.). La resistencia a la flexión se calculó en megapascals (MPa) utilizando el programa Serie novena de la máquina Instron.

Resistencia a la abrasión. Se prepararon 30 muestras (10 de cada marca), utilizando un hacedor de acero inoxidable de 4 mm de diámetro por 6 mm de largo, y se almacenaron a 37 °C ± 1 °C y 100% de humedad relativa durante 24 horas. La prueba de abrasión se llevó a cabo en un aparato conocido como tornamesa (Phillips) que gira a 33 rpm y con un peso de 43 g sobre la muestra. En la base del aparato se colocó un papel abrasivo (n.º 600), el cual se cambió para cada muestra. Las muestras se midieron utilizando un tornillo micrométrico (Mitutoyo, Japan) con aproximación de 0,001 mm y se pesaron en una balanza analítica (Adventure China) con aproximación de 0,0001 g antes y después de la prueba para observar la pérdida de peso y longitud.

Se utilizó la siguiente fórmula para determinar la pérdida de peso y longitud, notificándose en porcentaje:

$$\% \text{ de longitud} = \frac{L. \text{ inicial} - L. \text{ final}}{L. \text{ inicial}}$$

$$\% \text{ de peso} = \frac{P. \text{ inicial} - P. \text{ final}}{P. \text{ inicial}}$$

Sorción acuosa. Se prepararon 30 muestras (10 de cada marca), utilizando un hacedor de acero inoxidable de 4 mm de diámetro por 6 mm de largo. Después de que la muestra se removió del molde, se transfirió a un desecador con cloruro de calcio anhidro o sílica gel fresco, manteniéndolo a 37 °C ± 1 °C. Después de 24 horas, las muestras se transfirieron a otro desecador manteniéndolo a 23 °C ± 1 °C durante 1 hora y se pesaron con una aproximación de ±0,2 mg. Se pesaron las muestras cada 24 horas hasta que el peso fue constante; posteriormente se sumergieron en agua desio-

Tabla 1 Materiales seleccionados para este estudio*

Fabricante	Color	Lote	Caducidad	Polimerización inicial	Ciclo de polimerización
Adoro (Ivoclar Vivadent)	A2	H34318	2008-11	Lámpara halógena (Quick) por 40 s.	La polimerización final se lleva a cabo con luz y calor. Proceso de atemperamiento a una temperatura de 104 °C.
BelleGlass (Kerr)	A2	—	2008-11	Lámpara halógena con intensidad de 600mW/cm².	El ciclo se completa a 140 °C y 80 psi en una atmósfera de nitrógeno sin emisión de luz durante 20 minutos.
Cristóbal (Dentsply)	A2	—	2007-09	Unidad (MPa 2000) para fotocurado que no emite ozono y combina la luz halógena y catódica.	Unidad de poscurado (MPa 2000) de calor controlado y fotocurado.

*Información proporcionada por el fabricante.

Tabla 2 Resultados de resistencia a la flexión reportada en MPa; se presenta el promedio (media) y la desviación estándar (DE)*

	Cristóbal	Adoro	BelleGlass
Promedio	93,617	95,180	91,237
DE	± 6,615	± 6,012	± 11,842

*Fuente directa.

nizada y se mantuvieron a $37\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 7 días. Después de ese tiempo, las muestras se lavaron con agua desionizada, se eliminaron excedentes de agua dejándolas en corriente de aire durante 15 segundos y se pesaron 1 minuto después de haberse removido del agua, registrando su peso (m_2). Después de este pesaje se transfirieron al desecador hasta obtener un peso constante, utilizando el ciclo descrito anteriormente. Cuando el peso fue constante se registró (m_3).

Se midió el diámetro y el grosor de la muestra calculando el volumen (V) en milímetros cúbicos. Para calcular los valores de sorción acuosa, w_{sp} , en microgramos por milímetro cúbico, se usó la siguiente ecuación:

$$W_{sp} = \frac{m_2 - m_3}{V}$$

donde:

m_2 = es la masa de la muestra, en microgramos, después de la inmersión en agua durante 7 días.

m_3 = es la masa de la muestra reacondicionada, en microgramos.

V = es el volumen de la muestra, en milímetros cúbicos.

Los datos se analizaron estadísticamente con una prueba ANOVA de una vía.

Resultados

Los resultados de la prueba de resistencia a la flexión se presentan en la tabla 2. Estos resultados se analizaron con una prueba ANOVA de una vía y no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los tres grupos, $F=0,537$; $P=0,590$.

En la prueba de resistencia a la abrasión se determinó la pérdida de longitud y peso. Los resultados de pérdida de longitud se presentan en la tabla 3 y figura 1, en la cual se observa que el material que presentó menor pérdida de longitud y, por tanto, mayor resistencia a la abrasión fue Adoro®, seguido de BelleGlass® y Cristóbal®. Estos resul-

Tabla 3 Resultados de pérdida de longitud reportados en porcentaje; se presenta el promedio (media) y la desviación estándar (DE)*

	Cristóbal	Adoro	BelleGlass
Promedio	1,914	0,819	1,545
DE	± 0,729	± 0,143	± 0,338

*Fuente directa.

tados se analizaron estadísticamente con una prueba ANOVA de una vía (Kruskal Wallis) y se encontraron diferencias estadísticamente significativas, $H=20,377$; $P<0,001$. Al realizar la prueba Student Newman Keuls de comparación múltiple ($P<0,05$), se demostró que existe diferencia significativa entre Cristóbal® contra Adoro® y BelleGlass® contra Adoro®.

Con respecto a la determinación de la pérdida de peso en la prueba de abrasión, se presentan los resultados en la tabla 4 y figura 2, y se observa que el material que perdió menos peso fue BelleGlass®, seguido de Adoro® y Cristóbal®. Estos resultados se analizaron con una prueba Kruskal Wallis y se encontraron diferencias estadísticamente significativas, $H=9014$; $P<0,011$. Al realizar la prueba Student Newman Keuls ($P<0,05$), se encontraron diferencias significativas al comparar Cristóbal® contra BelleGlass® y Adoro® contra BelleGlass®.

Los resultados de la prueba de sorción acuosa se presentan en la tabla 5 y figura 3, donde se observa que BelleGlass® presentó el valor más alto, seguido de Cristóbal® y Adoro®. El análisis estadístico Kruskal Wallis mostró diferencias significativas, $H=29,841$; $P<0,001$. Al realizar la prueba de comparación múltiple ($P<0,05$), se encontró que existen diferencias entre BelleGlass® contra Adoro®, BelleGlass® contra Cristóbal® y Cristóbal® contra Adoro®.

Comentario

En este estudio se observó que los métodos de polimerización de los tres materiales estudiados Adoro® (luz y calor), Cristóbal® (luz y calor) y BelleGlass® (luz, calor y presión) no influyeron en su resistencia a la flexión, ya que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los valores registrados por los tres materiales. Paulo 2001⁸, notificó que la polimerización de BelleGlass® bajo calor y nitrógeno atmosférico alcanzó valores de resistencia a la

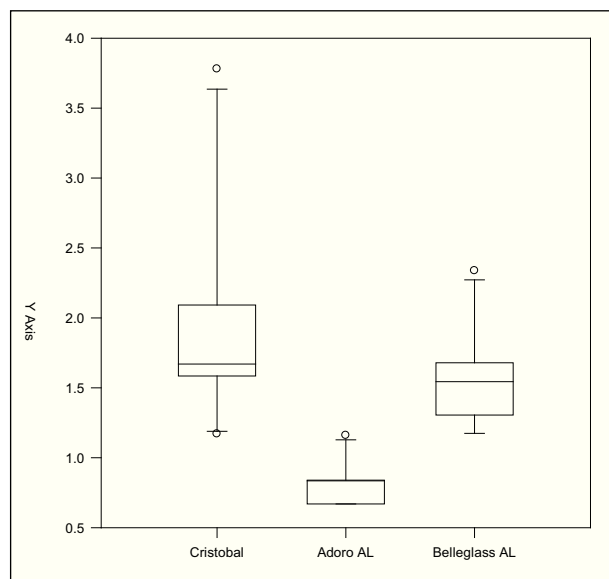
**Fig. 1** Resultados del análisis de ANOVA (Kruskal Wallis) para la pérdida de longitud en la prueba de abrasión.

Tabla 4 Resultados de pérdida de peso de la prueba de abrasión en porcentaje; se presenta el promedio (media) y la desviación estándar (DE)*

	Cristóbal	Adoro	BelleGlass
Promedio	2,84	2,58	2,19
DE	± 0,873	± 0,252	± 0,246

*Fuente directa.

flexión más altos que los otros materiales estudiados (Artglass de Kulzer® y Targis de Ivoclar®). Sin embargo, en el presente estudio aun cuando no se encontraron diferencias significativas, BelleGlass® presentó menor resistencia a la flexión que los composites polimerizados a base de luz y calor como Cristóbal® y Adoro®, siendo este último el que obtuvo los valores más altos.

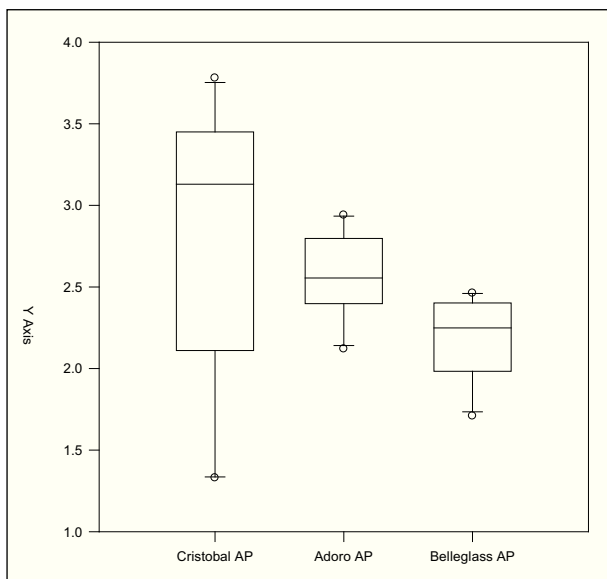
La resistencia a la abrasión es una característica física muy difícil de evaluar; la única prueba confiable es el procedimiento diseñado para simular lo más posible un tipo particular de abrasión al cual se someterá el material⁷. Por esta razón, para evaluar la resistencia a la abrasión de los materiales estudiados en esta investigación, se sometió cada una de las muestras a un desgaste con un papel abrasivo (n.º 600) bajo las mismas condiciones. En esta prueba se midió la pérdida de peso y longitud, obteniendo un promedio de los valores de las muestras de cada material Adoro®, BelleGlass® y Cristóbal®, notificando los resultados en porcentaje. El material que mayor pérdida de peso y longitud mostró fue Cristóbal®, lo cual indica que es el que tiene menor resistencia a la abrasión; los otros dos materiales estudiados difieren en sus resultados, puesto que Adoro® fue el material que tuvo menor pérdida de longitud, pero no así para el peso, ya que fue el segundo material con menor pérdida de peso; por su parte, BelleGlass® fue el material que presentó menor pérdida de peso, y mayor pérdida de longitud que Adoro®. Según un estudio publicado por Cho, los materiales para restauraciones indirectas de segunda generación (Artglass®, Z100MP®, BelleGlass®, Adoro®, Cristóbal®, etc.) contienen una fase de relleno duro sin una matriz blanda; por tanto, las partículas de relleno grandes en estos materiales los hacen más susceptibles al desgaste⁹. Esta podría ser la razón por la cual en este estudio Adoro® de microrrelleno y BelleGlass® de nanorrelleno fueron los que en términos generales presentaron mayor resistencia a la abrasión, debido a que sus partículas de relleno son más pequeñas que las de Cristóbal® con relleno de vidrio, el cual presentó menor resistencia a la abrasión.

Investigaciones recientes han mostrado que el incremento en las cantidades de relleno inorgánico provee me-

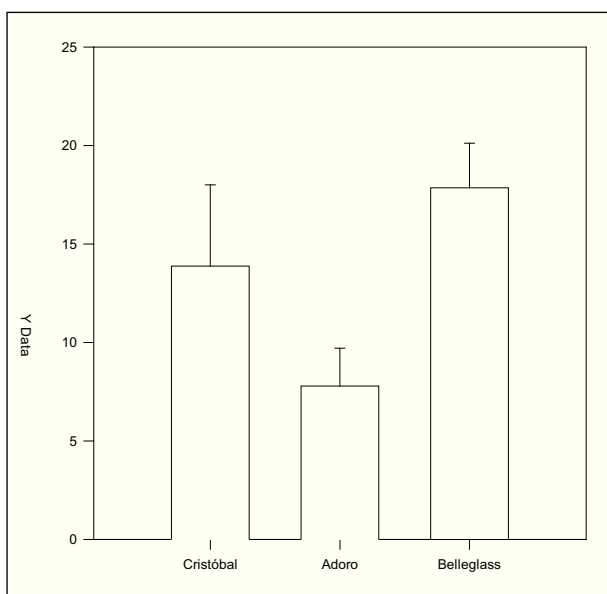
Tabla 5 Resultados de sorción acuosa en $\mu\text{g}/\text{mm}^3$; se presenta el promedio (media) y la desviación estándar (DE)*

	Cristóbal	Adoro	BelleGlass
Promedio	13,62	7,79	17,85
DE	± 4,60	± 1,916	± 2,27

*Fuente directa.

**Fig. 2** Resultados del análisis de ANOVA (Kruskal Wallis) para la pérdida de peso en la prueba de abrasión.

jores propiedades mecánicas en los composites. La sorción acuosa podría afectar a estos materiales, reduciendo sus propiedades mecánicas y su resistencia al desgaste. El agua es absorbida por la matriz polimérica, lo que puede causar desunión de la matriz de relleno e incluso degradación hidrolítica de la misma¹⁰. En el presente estudio, en la prueba de sorción acuosa los materiales comparados Adoro®, BelleGlass® y Cristóbal® fueron almacenados en agua desionizada durante 7 días a 37 °C; el material que mayor sorción acuosa presentó fue BelleGlass®, seguido de Cristóbal® y Adoro®. Oysaed¹¹ describe que las moléculas de agua ingresan dentro de los espacios libres entre las cadenas poliméricas y empujan los canales, separándolos

**Fig. 3** Resultados del análisis de ANOVA (Kruskal Wallis) en la prueba de sorción acuosa.

para provocar expansión; junto con la alteración de las dimensiones de la resina, la sorción acuosa causa una reducción en su resistencia. Esto tiene relación con los resultados obtenidos en el presente estudio, ya que BelleGlass® fue el material que presentó mayor sorción acuosa y a su vez menor resistencia a la flexión, datos que coinciden con lo descrito por el autor antes mencionado.

Así mismo, los resultados de sorción acuosa en los tres materiales estudiados podrían explicarse por su diferencia en la composición de la matriz; lo cual concuerda con las investigaciones que comprueban que los composites basados en UDMA, como Adoro®, presentan menor sorción acuosa que aquellos basados en bis-GMA como BelleGlass® y Cristóbal®^{12,13}. Lo cual también tiene relación con la decoloración que sufren estos materiales, ya que la sorción acuosa está directamente relacionada con la pigmentación. En este estudio el material que tuvo mayor sorción acuosa fue Belleglass®, por lo cual puede presentar mayor pigmentación.

Conclusiones

- Bajo la metodología utilizada en este estudio en la prueba de resistencia a la flexión no hubo diferencias entre los tres materiales.
- En la prueba de resistencia a la abrasión, el material que presentó menor pérdida de longitud fue Adoro®.
- El material que presentó menor pérdida de peso fue BelleGlass®.
- Analizando los resultados de la prueba de resistencia a la abrasión, se puede concluir que en términos generales el material que tiene mayor resistencia a la abrasión es Adoro®.
- En la prueba de sorción acuosa, el material que presentó menor sorción acuosa fue Adoro®.

Bibliografía

1. Touati B, Aidan N. Second generation laboratory composite resins for indirect restorations. *J Esthet Dent* 1997;9(3):109-118.
2. Touati B. The evolution of aesthetic restorative materials for inlays and onlays: a review. *Int Aesthet Chronicle* 1996;8(7):657-666.
3. Mormann W. Composite – inlays: Marginal adaptation, seal and occlusal abrasion. *J Dent Res* 1982;561-571.
4. Trushkowsky RD. Ceramic Optimized Polymer: the next generation of esthetic restorations – Part 1. *Compendium* 1997;18(11):1101-1112.
5. Freilich MA, Karmaker AC, Burstone CJ, Goldberg AJ. Development and clinical applications of a light polymerized fiber-reinforced composite. *J Prosthet Dent* 1998;80(3):311-318.
6. Terry DA, Leinfelder KF, Maragos C. Developing an intracoronary restoration with indirect composite resin. *Dent Today* 2004;78-85.
7. Phillips RW. La ciencia de los materiales dentales de Skinner. 9ed. México Interamericana McGraw-Hill, 1991.
8. Francisco P, Gomes W, Ruggiero R. Influence of shade and storage time on the flexural strength, flexural modulus, and hardness of composites used for indirect restorations. *J Prosthet Dent* 2001;86:289-96.
9. Cho LR, Yi YJ, Heo SJ. Effect of tooth brushing and thermal cycling on a surface change of ceromers finished with different methods. *J Oral Rehabil* 2002;29:816-822.
10. Chai J, Takahashi Y, Hisama K, Shimizu H. Water sorption and dimensional stability of three glass fiber-reinforced composites. *Int J Prosthodont* 2004;17(2):195-199.
11. Oyssaed H, Ruyter I. Water Sorption and filler characteristics of composites for use in Posterior Teeth. *J Dent Res* 1986;65(11):1315-1318.
12. Ortengren U, Wellendorf H, Karlsson S, Ruyter I. Water sorption and solubility of dental composites and identification of monomers released in an aqueous environment. *J Oral Rehabil* 2001;28:1106-1115.
13. Pearson GJ, Longman CM. Water sorption and solubility of resin-based materials following inadequate polymerization by a visible-light curing system *J Oral Rehabil* 1989;16:57-61.