

Trabajos Originales:

EFFECTO DEL ENVEJECIMIENTO ARTIFICIAL ACELERADO SOBRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE RESINAS COMPUESTAS

EFFECT OF ARTIFICIAL ACCELERATED AGING ON COMPRESSION STRENGTH OF COMPOSITE RESIN

Recibido para arbitraje: 10/09/2007

Aceptado para publicación: 18/04/2008

- **Priscila Nogueira Gomes***; **José Carlos Rabelo Ribeiro****; **Marcos Ribeiro Moysés****; **Andréa Candido Dias*****, **Sérgio Candido Dias*****

*Alumna del curso de Maestría en Clínica Odontológica de la UNINCOR

**Doctor en Dentística Restauradora por la Facultad de Odontología de Araraquara - UNESP y Profesor del curso de Maestría en Clínica Odontológica da UNINCOR

***Doctor en Rehabilitación Oral por la Facultad de Odontología de Ribeirão Preto - USP, Alumno de PostDoctorado en Ingeniería de Materiales de la Universidad Federal de São Carlos-UFSCAR y Profesor del curso de Maestría en Clínica Odontológica de la UNINCOR

Correspondencia: Priscila Nogueira Gomes Dirección: Rua Dr. Arnaldo,36 - Centro - Varginha -MG - Brazil. CEP: 37.014-030 Teléfono: 55 (35) 32144884 e-mail: priscynog@hotmail.com

Reconocimientos: Fapemig 20005/05

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo analizar el efecto del envejecimiento artificial acelerado (EAA) sobre la resistencia a compresión de las resinas compuestas Filtek Z-250 (F), Charisma (C), Durafil VS (D), Supreme para cuerpo (SNc) e Supreme translúcido (Snt). Fueron confeccionados 16 especímenes con cada resina compuesta con dimensiones de 4x8mm. Las resinas fueron inseridas en tres incrementos y sobre el último incremento fue colocada una matriz de poliéster y una lamina de vidrio con la finalidad obtener una superficie regular. Cada incremento fue polimerizado con una intensidad de luz entre 580 y 600 mW/cm², la cual era monitoreada con un radiómetro (Gnatus) durante todo el tiempo de utilización. Veinticuatro horas después de la obtención de las muestras, 8 muestras de cada material fueron sometidas a los ensayos de compresión (grupo control) los cuales fueron realizados en una maquina EMIC DL 2000, con una célula de carga de 2000Kgf y velocidad de 0,5mm/min. Las otras 8 muestras de cada material fueron colocados en la máquina de EAA, las cuales permanecieron durante 196 horas, las mismas que equivalen a 5 años de envejecimiento y enseguida sometidos a los ensayos de compresión. Los resultados, fueron sometidos al ANOVA y test de Tukey (p<0,05) los cuales mostraron que las resinas SNT y D, no tuvieron diferencias estadísticas cuando fueron comparadas después de 24h y del EAA; las demás resinas mostraron resultados EAA>24h. Se pudo concluir que el envejecimiento artificial acelerado aumento la resistencia a compresión de las resinas F, C e SNc.

Palabras llave: resistencia a compresión, resinas compuestas, envejecimiento artificial.

Summary

The aim of this study was to analyze the effect of artificially accelerated aging (AAA) on the resistance to compression of resin composites Filtek Z-250 (F), Charisma (C), Durafill VS (D), Supreme for body (SNC) and Supreme Translucent (SNT). Sixteen test specimens measuring 4 x 8 mm were made of each resin composite. The resins were inserted in three increments, and on the last of them, a polyester strip and glass slide were placed for the purpose of obtaining a regular surface. Each increment was polymerized by light intensity of 580 to 600 mw/cm², which was monitored with a radiometer (Gnatus) throughout the time of use. Twenty-four hours after the samples were obtained, 8 specimens of each material were submitted to the compression test (Control Group) performed with an EMIC DL 2000, machine, with a 2000 Kgf load cell at a speed of 0.5 mm/min. The other 8 samples of each material were placed in an AAA machine, and remained there for 196 hours, equivalent to 5 years of aging. Next they were submitted to the compression test. The values were submitted to ANOVA and the Tukey test (p<0.05). The results showed that for resins SNT and D there were no statistically significant differences when compared at 24h and after AAA; the other resins showed results of AAA>24h. It was concluded that artificially accelerated aging increased the resistance to compression of the resin composites F, C and SNc.

Key-Word: compression strength, composite resin, artificial accelerated aging

Introducción:

El conocimiento de la resistencia mecánica de los materiales utilizados para confección de restauraciones de dientes posteriores es esencial para el éxito del tratamiento, ya que durante el acto masticatorio y/o parafunciones las fuerzas que son transmitidas sobre las restauraciones pueden producir fracturas de la misma o hasta la propia fractura del elemento dental (1,2,3,4,5).

Algunos trabajos clínicos buscan evaluar el comportamiento de las resinas compuestas a largo plazo, mas, la condición bucal de cada paciente imposibilita la estandarización del comportamiento de cada material, tornando difícil predecir la durabilidad de las resinas (6,7)

El envejecimiento de estos materiales en condiciones de laboratorio es indicado como alternativa para estudiar el comportamiento y durabilidad de los materiales, simulando condiciones de largo plazo en un corto periodo de tiempo de forma estandarizada (8). Los métodos de envejecimiento sugeridos para los materiales poliméricos pueden ser termociclaje (9,10), almacenamiento del material a seco por a 37°C (11), almacenamiento en alcohol (12), almacenamiento en saliva artificial (13), y almacenamiento en agua (14).

Durante el proceso de envejecimiento pueden producirse fenómenos como: la degradación de la matriz orgánica y la conversión adicional de los monómeros, esos dos procesos pueden afectar directamente la resistencia mecánica (15,16,17,18).

Material y Método

Fueron utilizadas cinco resinas compuestas de para restauraciones directas: Filtek Z-250 (3M ESPE, St. Paul, MN- U.S.A) (F); Filtek Supreme para cuerpo (3M/ESPE, St. Paul, MN- USA) (SNc) e Supreme translúcido (3MESPE, St. Paul, MN- USA) (SNt); Charisma (Hareaus Kulser, Grüner Weg-German) (C); Durafill VS (Hareaus Kulser, Grüner Weg-) (D), con cada una de estas resinas fueron confeccionadas 16 muestras, las mismas que fueron divididas en dos grupos de 8. El primer grupo fue almacenado durante 24 horas y enseguida sometido a los ensayos mecánicos (grupo de control), el segundo grupo fue sometido al envejecimiento artificial acelerado y después a los ensayos de compresión.

Las muestras fueron confeccionadas dentro de una matriz de teflón con dimensiones de 4 X 8mm. Las resinas fueron inseridas dentro de la matriz en tres incrementos y cada uno de ellos polimerizados por el tiempo recomendado por el propio fabricante. Sobre el último incremento fue colocada una matriz de poliéster y sobre ella una lámina de vidrio para poder obtener una superficie regular de las muestras. La lámpara de fotopolimerización utilizada fue la Optiligh (GNATUS, Ribeirão Preto, Brasil), con una potencia entre 580 y 600mW/cm². la cual era monitoreada por medio de un radiómetro analógico (GNATUS, Ribeirão Preto, Brasil). Inmediatamente após a confecção as amostras em recipientes escuros com água destilada a 37°C. Veinticuatro horas después de la confección de las muestras el primer grupo de 8 muestras de cada material fue sometido a los ensayos de compresión en la maquina universal para ensayos mecánicos EMIC DL 2000 (EMIC, São José dos Pinhais, Paraná, Brasil), que tiene una célula de carga de 2000Kgf., con una velocidad del actuador de 0,5mm/min. La fuerza aplicada incidía sobre las muestras hasta que se produjera su ruptura y el programa TESC versión 2.00, además de comandar todo el ensayo, registraba los resultados bajo la forma de gráficos y valores numéricos en MPa.

Las muestras del segundo grupo fueron colocadas en la máquina de envejecimiento artificial acelerado para elementos no metálicos C-UV (Comexim Matérias Primas Ltda, São Paulo, SP, Brasil) siguiendo la norma STM-G53 para que una vez concluido este proceso las muestras pudieran ser sometidas a los ensayos de compresión.

El sistema acelerado de envejecimiento para elementos no metálicos (CU-V) es un equipo de laboratorio utilizado para simular la capacidad destructiva ambiental, prediciendo la durabilidad relativa de los materiales expuestos a la intemperie o determinado medio semejante, en nuestro caso, el medio bucal. Este equipo simula parcialmente las condiciones físicas y químicas que pueden ocurrir dentro de la cavidad bucal. La saliva es simulada por condiciones de 100% de humedad y por un proceso de condensación con agua destilada saturada con oxígeno. El efecto de la luz es simulado por ocho fuentes de luz UV-B con radiación concentrada entre 280/320nm. La exposición a la luz UV-B y la condensación fueron realizadas en ciclos separados que se repetían automáticamente. La condensación fue producida por la exposición de la superficie de las muestras a una mezcla tibia de vapor de agua saturada con oxígeno y de alta pureza química, siendo que el propio sistema produce el agua destilada para la condensación. Un reloj controló el tiempo total de la operación y el tiempo de exposición a la luz UV-B. La temperatura fue medida por un termómetro de bulbo remoto con una precisión de ±1°C operando entre 0 y 60°C. En pocos días la maquina de EAA produce degradaciones que se producirían en meses o hasta años. 196 horas en esta maquina equivalen a cinco años de uso del material (Reis, 2003). Los valores de resistencia a la compresión fueron analizados utilizando el análisis variancia con dos factores (ANOVA). El primer factor fue la resina compuesta y el segundo factor fue el tiempo del ensayo. Las diferencias entre los grupos fue analizada utilizando la prueba de Tuckey con comparaciones múltiples (STATISTICA version 6.0, StatSoft, Tulsa, OK, USA). El grado de significado fue de 5%.

Resultados:

La tabla 1 muestra las medias, mínimo, máximo, desvío de resistencia a la compresión de las resinas compuestas en 24 horas y después del EAA.

Tabla No 1 - Análisis de Variancia

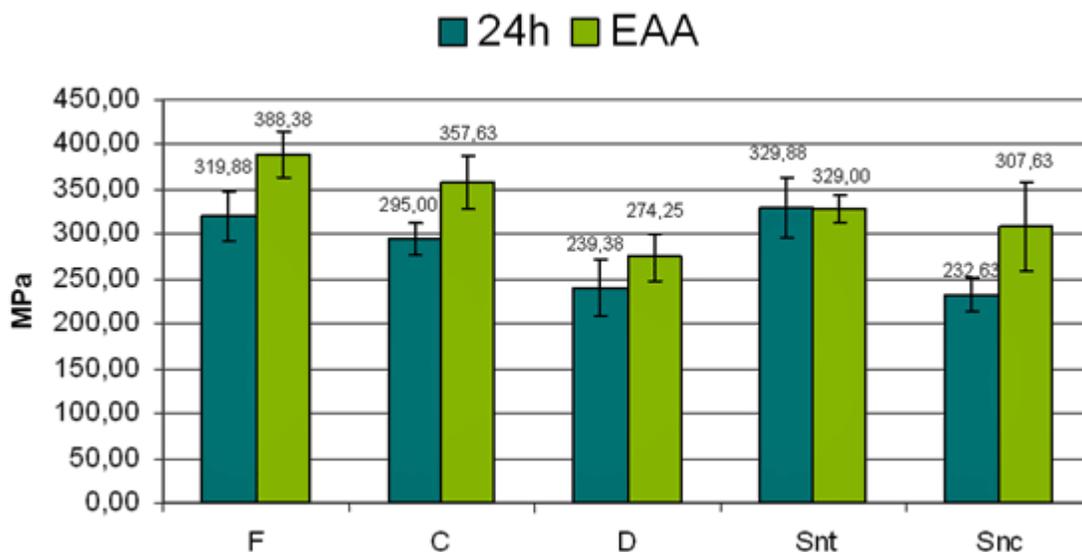
	df Effect	MS Effect	df Error	MS Error	F	p-level
Resina	4	27900,29	70	844,2946	33,04568	,000000
Tiempo	1	46128,01	70	844,2946	54,63497	,000000
Resina x tiempo	4	3924,169	70	844,2946	4,647866	,002194

Tabla No 2 - Las medias (desvío padrón -DP(desviación estándar)), medianas, máximo, mínimo de la resistencia a compresión de resinas compuestas en 24 horas y después del EAA.

	Medias (DP)	Máximo	Mínimo	P<0,05 *
F EAA	388,375 (25,360)	353,000	426,000	a
C EAA	357,625 (28,635)	321,000	395,000	ab
Snt 24h	329,875 (33,732)	277,000	380,000	bc
Snt EAA	329,000 (15,666)	295,000	343,000	bc
F 24h	319,875 (27,982)	282,000	352,000	bcd
Snc EAA	307,625 (49,057)	242,000	359,000	cd
C 24h	295,000 (18,385)	267,000	314,000	cd
D EAA	274,250 (26,698)	239,000	320,000	de
D 24 h	239,375 (31,726)	210,000	291,000	e
Snc 24h	232,625 (18,700)	207,000	261,000	e

Letras resaltadas diferentes en la misma columna indican diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

Grafico No 1 - Valores médios y desvio padrón para la resistencia a la compresión en 24 horas y después del EAA.



Las comparaciones entre las cinco resinas antes y después del EAA utilizando ANOVA y dos factores, siendo el primer factor la resina compuesta y el segundo factor el tiempo de análisis (Tabla 1), fue posible observar que para los factores aislados (resina, tiempo), así como por la interacción entre ellos hubo diferencia significativa entre ellos (Tabla 1, Gráfico 1). Siendo realizadas las comparaciones múltiples utilizando la prueba de Tukey la cual mostro que las resinas Snt y D, no presentaron diferencias estadísticas significativas cuando comparadas 24h y EAA; las demás resinas mostraron resultados EAA>24h (Tabla 2).

Discusión:

La influencia del tiempo de envejecimiento sobre la resistencia mecánica de las resinas compuestas ha sido abordado, mas, en tiempo limitado, difícilmente ultrapasando un año (19). Durante el envejecimiento ocurre la conversión tardía de los monómeros en polímeros (16,17) y la degradación de su matriz orgánica (18,20), esos dos mecanismos pueden afectar de forma diferente sobre la resistencia mecánica (15; 16, 17,18).

En el proceso de envejecimiento acelerado la matriz orgánica es degradada y la conversión de polímeros adicionales toma su lugar. Este proceso de degradación afecta directamente la resistencia mecánica de las resinas compuestas (21). El grado de conversión de los monómeros podría influenciar la estabilidad química de las resinas, y la presencia de ligaciones dobles de carbono no completadas pueden hacer que el material sea mas susceptible a degradación (17). Estudios clínicos y de laboratorio muestran una relación directa entre el grado de conversión y la microdureza de las resinas compuestas (17). A pesar de todas estas afirmaciones el proceso de envejecimiento artificial no es capaz de reproducir todas las alteraciones que se producen dentro de la cavidad oral, tales como la tensión producida durante las cargas masticatorias, condiciones sistémicas individuales, preparación de la cavidad y técnicas de restauración.

El proceso de envejecimiento artificial simula el medio químico y físico encontrado en la cavidad bucal por medio de la humedad, luz y variaciones de temperatura, prediciendo el efecto de envejecimiento de cinco años del material. Analizando los resultados obtenidos fue observado que las resinas compuestas estudiadas presentaron un aumento en la resistencia a compresión, después del envejecimiento artificial acelerado, mas solamente para las resinas Filtek Z-250, Filtek Supreme Nanopartícula y Charisma el aumento fue significativo. Este aumento de la resistencia puede estar relacionada con la conversión adicional de los monómeros en polímeros (22), cabe resaltar que las alteraciones producidas durante el envejecimiento no son capaces de reproducir o simular todas las alteraciones ocurridas en la cavidad bucal, una vez que ella está sujeta a las tensiones relativas a los esfuerzos masticatorios, a las condiciones sistémicas individuales, a técnicas de preparación y restauración de la cavidad.

La resina Durafill VS y la resina Filtek Supreme Nanopartícula presentaron el menor valor medio de resistencia a la compresión (Tabla 02, Gráfico 1). Para la resina Durafill VS el resultado era esperado por ser una resina que presenta la fase dispersa con cargas inorgánicas microparticuladas y con porcentaje de carga en volumen inferior a las demás, ya para la resina Filtek Supreme Nanopartícula por ser una resina de nanopartículas y que segundo Mitra et al. (23), presenta propiedades físicas y de resistencia al desgaste equivalente a las resinas híbridas era esperado que la referida resina mostrara valores próximos a los mostrados por las resinas híbridas, mas, esto no fue lo que se encontró (Tabla 02, Gráfico 1).

Las propiedades mecánicas de las resinas compuestas dependen del tamaño y concentración de las partículas de carga (22). Ikejima (24) afirma que cuanto mayor la concentración de partículas de carga mayor será la dureza y la resistencia a la compresión y flexión. Por otro lado en el presente trabajo a pesar de la resina Charisma presenta 64% de volumen de carga y la resina Filtek Z-250 60% ellas no presentaron diferencias estadísticas entre ellas y numéricamente la resina Filtek Z-250 presento mayor resistencia, tanto en 24 horas como después del EAA. Estos resultados pueden ser justificados por el tipo de carga utilizada una vez que las resinas Filtek Z-250, además del dióxido de silicio contienen en su composición zirconio y la resina Charisma óxido de aluminio y de acuerdo con Hasting (24) este material es mecánicamente mas débil que el zirconio.

Con relación a las resinas compuestas estudiadas después de 24 horas de almacenamiento, Brosh et al. (26) analizaron diez marcas comerciales de resinas compuestas fotopolimerizables, y los valores obtenidos por los autores variaron entre 198 y 300 MPa. El cuadro 02 muestra que en este trabajo el mayor valor encontrado fue de 319,87 MPa para la resina Filtek Z-250 y el menor valor de 232,62 MPa para la resina Supreme nanopartícula. Moschetti et al. (27) compararon la resistencia a la compresión de resinas compuestas disponibles en el mercado utilizando 40 segundos de fotopolimerización encontrando el mayor valor de resistencia a la compresión de 222,3 MPa para la resina Z-250 y el menor valor de 72,3 para la resina Supreme, diferente de este estudio que utilizo el tiempo recomendado por los fabricantes, mas que también obtuvo menores valores de resistencia a la compresión para la resina Supreme nanopartícula y Durafill y los mayores valores para resina Supreme Nanoaglomerados, Filtek Z-250 y Charisma.

En general, ninguna propiedad aislada puede ser utilizada para medir la cualidad de un material o de una técnica. Se deben utilizar varias propiedades de forma combinada, determinadas por pruebas clínicas y de laboratorio estandarizados, a fin de determinar una medida mas precisa sobre el material estudiado de una técnica utilizada. La simulación del EAA realizado en este estudio, se constituye en un recurso de laboratorio eficiente direccionado a someter a los polímeros a procesos de degradación y envejecimiento (7). Para extender los resultados obtenidos en este estudio, para la parte clínica, se debe considerar que el éxito de la restauración no depende apenas de sus propiedades mecánicas, mas también de las propiedades físicas, estéticas e biológicas, ya que las simulaciones de laboratorio no son capaces de reproducir todas las tensiones y acciones a las cuales un determinado material es sometido en la cavidad bucal. Además de esto, las diferencias metodológicas utilizadas en cada estudio pueden contribuir para la obtención de resultados variados, siendo la observación de estas diferencias es de suma importancia.

Conclusión:

- El envejecimiento artificial acelerado es un procedimiento valido intenta para simular y estandarizar las condiciones bucales así como el efecto del tiempo sobre propiedades de las resinas compuestas utilizadas en este estudio.
- El envejecimiento artificial acelerado aumentó la resistencia compresiva de las resinas Filtek Z-250, Charisma y Filtek Supreme para cuerpo.

Bibliografía:

1. Roulet J.F.: The problems associated with substituting composite resins for amalgam: a status report on posterior composites. J. Dent. (1988); 16(3): 101-13.
2. Willems G., Lambrechts P., Braem M., Vanherle G.: Composite resins in the 21st century. Quintessence Int. (1993); 24(9): 641-58.
3. Oliveira F. de C., Denehy G.E., Boyer D.B.: Fracture resistance of endodontically prepared teeth using various restorative materials. J. Am. Dent. Assoc. (1987); 115(1): 57-60.
4. Baharav H., Abraham D., Cardash H.S., Helft M.: Effect of exposure time on the depth of polymerization of a visible light-cured composite resin. J. Oral. Rehabil. (1988); 15(2): 167-72.
5. Melo M.A.V., Moyses M.R., Ribeiro J.C.R., Reis A.C., Flores V.H.O.: Influencia de las unidades de curado led y luz halógena sobre la resistencia compresiva de las resinas compuestas. Acta Odont. Venezolana. (2007): 45(2). (in press)
6. Oliveira F.M.M.P.C.: Avaliação da Resistência Adesiva de Associações de Diferentes Resinas Compostas Submetidos a Envelhecimento Artificial Acelerado. 2005, p. Dissertação (Mestrado em Odontologia Restauradora). Universidade Vale do Rio Verde - UNINCOR, Três Corações - MG,

- 2005.
7. Reis, A.C.: Envelhecimento artificial acelerado de resinas compostas- análise da superfície e estudo da alteração de cor por meio de colorímetro espectrofotométrico. 2003, 100p. Tese (Doutorado em reabilitação oral). Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto - FORP-USP, Ribeirão Preto - SP, 2003.
 8. Brauer, G.M.: Color changes of composites on exposure to various energy sources. *Dent. Mater.* (1988); 4(5): 55-9.
 9. Kallio T.T., Lastumäki T.M., Vallittu P.K.: Bonding of restorative and veneering composite resin to some polymeric composites. *Dent. Mater.* (2001); 17(1): 80-6.
 10. Tezvergil, A., Lassila, L.V., Vallittu, P.K.: Composite- composite repair bond strength: effect of different adhesion primers. *J. Dent.* (2003); 31(8): 521-5.
 11. Matsumoto H., Gres J.E., Marker V.A., Okabe T., Ferracane J.L., Harvey G.A.: Depth of cure of visible light cured resin: clinical simulation. *J. Prosthet. Dent.* (1986); 55(5):574-8.
 12. Ferracane J.L., Marker V.A.: Solvent degradation and reduced fracture toughness in aged composites. *J. Dent. Res.* (1992); 71(1):13-9.
 13. Söderholm K.J.M., Mukherjee, R., Longmate, J.: Filler leachability of composite stored in distilled water or artificial saliva. *J. Dent. Res.* (1996); 75 (9):1692-9.
 14. Yap A.U., Chandra S.P., Chung S.M., Lim C.T.: Changes in flexural properties of composite restoratives after aging in water. *Oper. Dent.* (2002); 27(5), 468-74.
 15. Yap A.U., Tan S.H., Wee S.S., Lee C.W., Lim E.L., Zeng K.Y.: Chemical degradation of composite restoratives. *J. Oral. Rehab.* (2001); 28(11):1015-21.
 16. Neves A.D., Discacciati J.A.C., Oréfice R.L., Jansen W.C.: Correlation between degree of conversion, microhardness and inorganic content in composites. *Pesq. Odont. Bras.* (2002); 16(4): 349-354.
 17. Floyd C.J., Dickens S.H.: Network structure of Bis-GMA and UDMA- based resin systems. *Dent. Mater.* (2006); 22(12):1143-9.
 18. Beun S., Glorieux T., Devaux J., Vreven J., Leloup G.: Characterization of nanofilled compared to universal and microfilled composites. *Dent. Mater.* (2007); 23(1): 51-9.
 19. Menezes A.M., Muench A., Masuda M.S., Grande R.H.M.: Dureza knoop de resinas compostas em função de 3 anos de armazenagem e da profundidade. *Rev. Odont. de Passo Fundo* 2000; 5(1): 33-35
 20. Ferracane, J. L., Berge H. X., Condon J. R.: In vitro aging of dental composites in water-effect of degree of conversion, filler volume, and filler/matrix coupling. *J. Biomed. Mater. Res.* (1998); 42(3): 465-472.
 21. Cesar PF; Miranda WG Jr; Braga RR. 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 (03):289-296.
 22. Anusavice, K. J. Phillips' Science of Dental Materials, 11th ed.: W. B. Saunders 2003.
 23. Mitra S.B., Wu D., Holmes N.H.: An application of nanotechnology in advanced dental materials. *J. Am. Dent. Assoc.* (2003); 134(10):1382-90.
 24. Ikejima I., Nomoto R., McCabe J.F.: Shear punch strength and flexural strength of model

composites with varying filler volume fraction, particle size and silanation. Dent. Mater. (2003); 19(3): 206-11.

25. Hasting G, Black J. Handbook of biomaterial Properties. London: Chapman & Hall, 1998.
26. Brosh T., Ganor Y., Belov I., Pilo R.: Analysis of strength properties of light-cured resin composites. Dent Mater. (1999); 15(3):174-9.
27. Moschetti, M. B., Bertoja, G., Pires, L. A. G., Mota, E. G., Oshima, H. S. Comparação da resistência à compressão de resinas compostas. Braz Oral Res. (2004); 18, Supplement (Proceedings of the 21nd Annual SBPqO Meeting): 79.