

Comparación de propiedades tensionales de resinas acrílicas de termocurado para la elaboración de bases protésicas

Comparison of tensile properties of thermo cured acrylic resins for the preparation of denture bases

Juán-José CASTILLO¹, Santiago HERRERA¹, Pablo-Andrés REY¹, Carlos MEJÍA², Adriana JARAMILLO³

1. Odontóloga. Profesora Escuela de Odontología, Universidad del Valle. 2. Odontólogo. Magister en Ciencias Básicas. Profesor Clínica Integral del Adulto de la Escuela de Odontología Universidad del Valle (Colombia). 3. Odontóloga. Magister en Microbiología. Profesora de Investigación y Trabajo de Grado de la Escuela de Odontología Universidad del Valle (Colombia).

RESUMEN

Objetivo: El propósito de éste estudio in vitro fue comparar la resistencia a la tensión entre dos materiales para la fabricación de bases protésicas acrílicas (Veracril® de New Stetic y SR Triplex Hot® de Ivoclar Vivadent), y conocer las propiedades mecánicas de los materiales a estudiar que tienen repercusiones a nivel clínico.

Materiales y métodos: Bajo la norma técnica de ASTM Internacional # D 638 – 03 se realizaron las pruebas de laboratorio para evaluar las dos resinas acrílicas para bases protésicas, procesadas mediante mufla prensada clásica. Las observaciones se hicieron por medio de la máquina universal de ensayos marca Tinius Olsen® H50KS, para analizar las propiedades tensionales, como el módulo de elasticidad, elongación, límite elástico, fuerza máxima, energía, esfuerzo y estrés tensil entre los dos materiales evaluados.

Resultados: Para el esfuerzo, la fuerza máxima y el módulo de elasticidad, la resina acrílica de alto impacto SR Triplex Hot® mostró valores mayores. En cuanto a las características de desplazamiento máximo

antes de la ruptura, elongación y la energía, la resina acrílica convencional mostró valores más altos. La única característica que presentó una diferencia significativa entre los dos grupos de resinas acrílicas de termocurado fue el módulo de elasticidad donde la de alto impacto obtuvo un valor mucho mayor que la resina acrílica convencional.

Conclusiones: La resina acrílica SR Triplex Hot® presenta valores mayores en algunas propiedades tensiles, mientras que el Veracril® muestra mejores valores en otras. La única característica que presentó una diferencia significativa entre las dos resinas acrílicas fue el módulo de elasticidad.

Palabras clave: Bases protésicas de resinas acrílicas, propiedades tensionales, resinas acrílicas de alto impacto.

SUMMARY

Objective: The purpose of this in vitro study was to compare the tensile strength between two materials for the manufacture of acrylic denture bases (Veracril® from New Stetic and SR Triplex Hot® from Ivoclar Vivadent), and to know the mechanical properties of materials to study that have clinical implications.

Methods: Laboratory tests were conducted under the technical standard of ASTM International # D 638-03 to evaluate the two acrylic resin materials for denture bases, processed by pressed moulding. The

observations were made using the universal testing machine Tinius Olsen® brand H50KS to analyze the tensile properties such as modulus of elasticity, elongation, yield strength, maximum strength, energy, effort and tensile stress between the two materials evaluated.

Results: For the effort, maximum strength and modulus of elasticity, high-impact acrylic resin SR Triplex Hot® showed higher values. With regard to the characteristics of maximum displacement before the fracture, elongation and energy, conventional acrylic resin showed higher values. The only characteristic that showed a significant difference between the two groups of thermo-cured acrylic resin was the modulus of elasticity where the high-impact acrylic resin obtained a much higher value than conventional acrylic resin.

Conclusions: The acrylic resin SR Triplex Hot® presents higher values in some tensile properties, while the Veracril® shows better in others. The only characteristic that showed a significant difference between the two acrylic resins was the modulus of elasticity.

Keywords: Acrylic resin denture bases, tensile strength, high impact acrylic resin.

INTRODUCCIÓN

A través de la historia de la odontología, específicamente de la prostodoncia, con el

Recibido para publicación: Noviembre 30 de 2010.

Aceptado para publicación: Marzo 24 de 2011.

Correspondencia:

C Mejía, Universidad del Valle.

(camejia@emcali.net.co)

advenimiento de los materiales poliméricos, el tratamiento protésico en la actualidad para pacientes total o parcialmente edéntulos se realiza por medio de bases acrílicas que se adosan de manera íntima con los tejidos orales del paciente y que soportan los dientes artificiales (1).

Los polímeros acrílicos fueron introducidos como material para realizar bases de prótesis dentales en 1937. Hacia el año de 1946, el 98% de todas las bases protésicas para dentaduras totales eran realizadas a base de polimetil metacrilato (PMMA) o copolímeros, y en la actualidad la mayor parte son elaboradas con PMMA de termo curado (2).

Las prótesis totales y parciales son elementos de rehabilitación para personas que por alguna razón perdieron sus dientes total o parcialmente, ya sea en la zona maxilar o mandibular (3). Las prótesis totales están constituidas principalmente por dos componentes: la base protésica acrílica y los dientes artificiales, confeccionados en diferentes materiales, que en su conjunto permiten realizar una rehabilitación funcional y estética.

En nuestro medio existen dos formas de realizar una prótesis total; la primera consiste en el método tradicional por compresión o enmuflado, en el cual para realizar la prótesis se obtiene mediante la técnica de mufla abierta y que depende única y exclusivamente de las habilidades del técnico de laboratorio y de los elementos o accesorios que éste disponga. La segunda, es el sistema por inyección desarrollado a mediados de 1970 por la casa Ivoclar Vivadent, a la que se le atribuyen las mejores propiedades mecánicas así como los niveles mínimos de contracción durante el curado (4). Este sistema ha perdurado hasta la actualidad, y se conoce como BPS (Biofunctional Prosthetic System), que emplea la resina acrílica SR Ivocap®, coloquialmente denominado “de alto impacto” y con el cual se reducen cambios significativos en sentido vertical, de tal forma que se disminuye la necesidad de realizar ajustes oclusales extensos para

corregir errores en el procedimiento de la elaboración de las prótesis (2). El material de prótesis predefinido SR Ivocap High Impact, tiene gracias a la mezcla limpia y homogénea en Cap-Vibrator una calidad constante. Las prótesis biocompatibles y exactas destacan por su capacidad de ajuste y carecen de puntos de presión. Responde a la norma EN ISO 1567, donde sus ventajas comparativas son: material más resistente a los golpes y a la fractura; exacto ajuste sin aumento de la dimensión vertical; excelente adhesión a los dientes de resina; óptima capacidad de pulido; y conocida técnica de inyección. La evidencia científica reciente indica que las resinas acrílicas de alto impacto presentan mejores propiedades mecánicas y físicas (5-8).

De esta forma, las fuerzas externas o cargas que se ejercen sobre este tipo de materiales pueden ser de diferentes tipos y pueden ser evaluadas en el laboratorio. Estas pruebas incluyen las de tipo compresivo, en las que la carga se da en sentido vertical; tensional, que ocasiona una elongación del cuerpo; las de fuerza de torsión, que realizan una fuerza rotacional alrededor de un punto y las de fuerza tangencial (9).

Cuando se realizan pruebas de tensión de materiales, se define la tensión como una fuerza o vector cuantitativo con magnitud y dirección, siendo la fuerza soportada por unidad de superficie. En el Sistema Internacional, su unidad de medida es libras por pulgada cuadrada (10).

Es así como en este estudio se toman en cuenta estos conceptos de tensión: a. el esfuerzo o intensidad de fuerza ejercida sobre un área; b. la fuerza máxima o máxima carga que alcanza a soportar un cuerpo frágil como la resina acrílica antes de su ruptura; c. el desplazamiento máximo antes de la ruptura, el cual resulta cuando un cuerpo que es sometido a un esfuerzo tensional sufre una deformación longitudinal (medida en milímetros) en donde se resta la longitud final menos la inicial; d. la elongación final, la cual consiste en el desplazamiento máximo antes de la ruptura

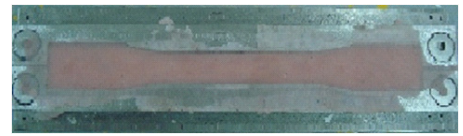


Figura 1. Diseño del espécimen según la norma técnica de ASTM Internacional # D 638 – 03. Se muestra el molde y la confección del espécimen antes de su pulido. Las dimensiones, de acuerdo a la norma, medidas en milímetros son: Espesor (T), 7. Ancho de la sección angosta, (W), 13. Longitud de la sección angosta (L), 57. Ancho total (WO), 19. Longitud total (LO), 165. Longitud de calibre (G), 50. Distancia entre los sitios de agarre (D), 115. Radio del filete (R), 76

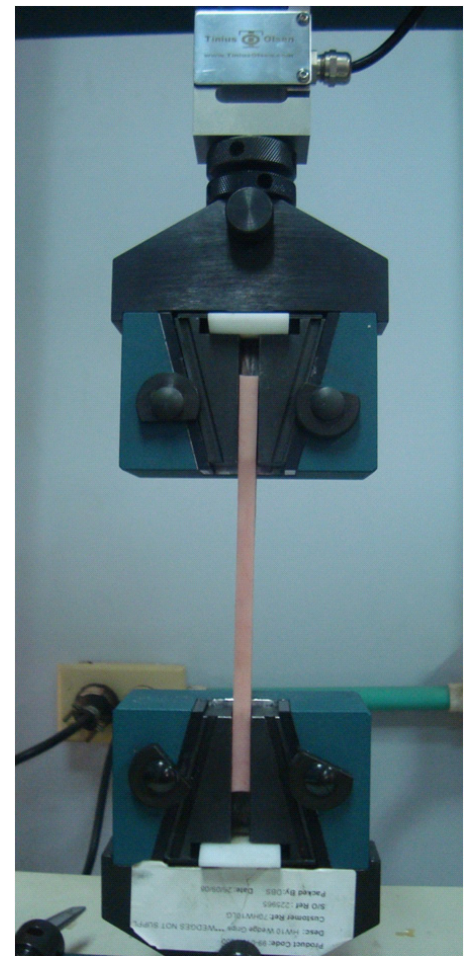


Figura 2. Especimen previo al inicio de la prueba en la máquina de ensayos universales marca Tinius Olsen® H50KS.

expresado en porcentaje; e. el módulo de elasticidad, el cual se refiere a la rigidez si es alto o la ductilidad si es bajo; y f. la ener-

gía, que es la capacidad que tiene un cuerpo para almacenar energía al deformarse y es representada como el área bajo la curva en una gráfica de Esfuerzo Vs. Deformación, esta área bajo la curva también representa resiliencia. La resiliencia, en ingeniería, es una magnitud que cuantifica la cantidad de energía por unidad de volumen que almacena un material al deformarse elásticamente debido a una tensión aplicada. Las resinas acrílicas únicamente tienen una escasa deformación elástica antes de la fractura, por esta razón no se puede hablar de deformación plástica en este tipo de materiales. Con base en lo anterior, el propósito de éste estudio in vitro fue comparar la resistencia a la tensión entre dos materiales para la fabricación de bases protésicas acrílicas (Veracril® de New Stetic y SR Triplex Hot® de Ivoclar Vivadent), con el fin de generar conocimiento sobre las propiedades de los dos tipos de resina acrílica usadas actualmente como materiales para bases protésicas en tratamientos de rehabilitación oral con el fin de comprender las repercusiones a nivel clínico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio de tipo experimental in vitro, para determinar las diferencias en cuanto a la resistencia tensional entre dos tipos de resina acrílica usadas en la elaboración de prótesis dentales, teniendo en cuenta la norma técnica de ASTM (American Society for Testing and Materials) Internacional No. D638-03. Dicha norma consiste en un método estándar para determinar las características de la propiedad de tensión en los plásticos con o sin refuerzo estructural, incluyendo las resinas acrílicas como plásticos rígidos.

Los dos tipos de resina acrílica que se probaron fueron Veracril® de la casa comercial New Stetic y SR Triplex Hot® de la casa comercial Ivoclar Vivadent; la primera es una resina acrílica convencional de termocurado y la segunda una resina acrílica de termocurado de alto impacto. Ambos fueron procesados mediante una mufla de prensado clásico. Las especificaciones de

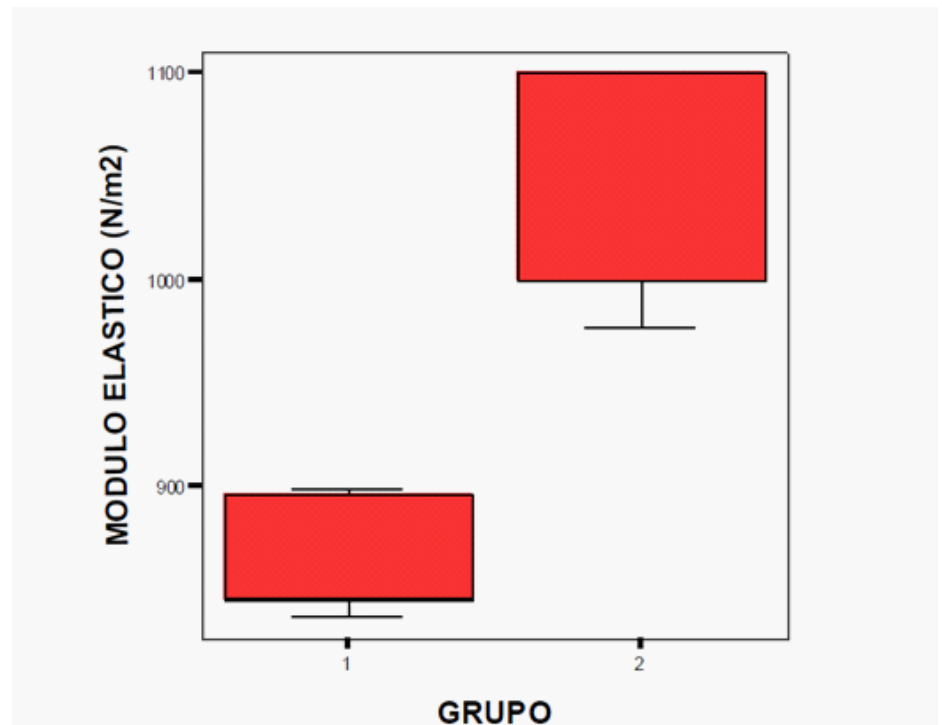


Figura 3. Diferencias entre el módulo elástico entre el grupo 1 (Veracril®) y el grupo 2 (SR Triplex Hot®).

Tabla 1. Especificaciones de las resinas acrílicas probadas en el estudio.

Nombre Comercial	Resina Acrílica Termopolimerizable Veracril®	SR Triplex Hot®
Casa Comercial	New Stetic	Ivoclar Vivadent
Número de Lote	TR300709	K 44278
Color	Rosado Jaspeado B	Pink-V
Componentes	1. Monómero (Líquido) 2. Monómero (Líquido)	1. Monómero (Líquido) 2. Monómero (Líquido)
Proporción polvo/líquido	25 gramos de polímero y 12 mililitros de monómero.	23.4 g de polímero y 10 ml de monómero.

los materiales probados se presentan en la Tabla 1.

Se obtuvieron los especímenes por medio de la elaboración de un molde en aluminio con las medidas y diseño de la norma técnica (Figura 1), con el fin de homogenizar las muestras. El proceso de laboratorio para la elaboración de los especímenes fue homogéneo para cada grupo; se mezclaron el monómero y polímero de cada uno en las proporciones recomendadas por el fa-

bricante, en el Grupo 1 se usó Veracril® en proporciones de 25 gramos de polímero y 12 mililitros de monómero y para el Grupo 2 SR Triplex Hot® 23.4 g de polímero (polvo) y 10 ml de monómero (líquido). Una vez obtenidos los especímenes se almacenaron según las características ambientales dictadas en la norma técnica.

Para el proceso de observación experimental se conformaron 2 grupos de 5 especímenes cada uno: Grupo 1 (Veracril®) y

Tabla 2. Estadística descriptiva de los valores obtenidos para las propiedades tensiles de los dos materiales analizados.

Propiedad tensil	Mínimo		Máximo		Media		Desv. Estándar	
	Veracril®	SR Triplex Hot®	Veracril®	SR Triplex Hot®	Veracril®	SR Triplex Hot®	Veracril®	SR Triplex Hot®
Esfuerzo (MP)	38	44	60	60	49,85	54,84	7,83	6,76
Fuerza máxima (N)	3660	3984	5700	5438	4754	4989,4	728,96	614,46
Desplazamiento máximo antes de ruptura (mm)	6,64	6,31	9,85	7,7	7,572	6,928	1,30	0,57
Elongación máxima (%)	6,09	6,37	9,95	7,77	7,446	6,98	1,49	0,58
Módulo elástico (N/m ²)	837	977	899	1100	864,6	1035,4	30,25	59,71
Energía (J)	8,87	8,9	14,61	17,47	15,494	13,702	6,12	4,23

Tabla 3. Diferencias entre las medias e intervalos de confianza de los valores de las propiedades tensiles medidas entre los dos materiales.

Propiedad tensil	Diferencia de medias	Intervalo de confianza al 95% para la diferencia		p*
		Superior	Inferior	
Esfuerzo (MP)	-4,984	-15,656	5,688	0,313
Fuerza máxima (N)	-235,4	-1218,605	747,805	0,596
Desplazamiento máximo antes de ruptura (mm)	0,644	-0,8207	2,1087	0,340
Elongación máxima (%)	0,466	-1,1786	2,1106	0,532
Módulo elástico (N/m ²)	-170,8	-239,835	-101,765	0,000
Energía(J)	1,792	-5,886	9,47	0,605

*Prueba T de Student.

Grupo 2 (SR Triplex Hot®). La recolección de datos sobre resistencia tensional se hizo en 5 instancias de observación.

Las mediciones se hicieron por medio de la máquina de ensayos universales marca Tinius Olsen® H50KS del Laboratorio de Ensayos Físicos y Mecánicos de la Escuela de Ingeniería de Materiales de la Universidad del Valle (Figura 2). Dicha máquina arrojó gráficos con valores numéricos los cuales fueron introducidos en una base de datos en Excel, y luego analizados mediante el software SPSS® ver. 15 en español. Se realizó un análisis descriptivo para ver el comportamiento de las variables analizadas y se aplicó la prueba T de Student para comparar las diferencias en las propieda-

des tensionales entre los dos materiales evaluados. Una $p < 0.05$ fue considerada estadísticamente significativa.

RESULTADOS

Con los resultados obtenidos durante las pruebas físicas, se pudo evaluar el esfuerzo, la fuerza máxima, el desplazamiento máximo antes de la ruptura, la elongación, el módulo elástico y la energía (Tabla 2).

Al analizar el esfuerzo para los dos grupos de resinas acrílicas hubo un rango entre 38 y 60 MPa, según la media aritmética resultante para cada uno de estos materiales, fue mayor la de la resina acrílica de alto impacto la cual tuvo 54,8 MPa mientras

que la de la resina acrílica convencional fue de 49,8 MPa.

Para la fuerza máxima hubo un intervalo entre 3660 y 5700 Newtons. La resina acrílica convencional tuvo una media de 4754 N, menor en comparación con la de alto impacto cuya media 4989,4 N.

Al observar los datos para los dos grupos, se obtuvo un rango de desplazamiento máximo antes de la ruptura entre 6,31 mm y 9,85 mm, pero en esta característica la resina acrílica de alto impacto tuvo en promedio un menor desplazamiento con relación a la convencional que mostró una media de 7,5 mm. Se corrobora el anterior resultado con la elongación máxima, en la cual se observó

que la resina acrílica convencional tuvo una media de elongación máxima de 7,4% mientras que la de alto impacto presentó una media de 6,9%.

Al analizar los datos respecto al módulo elástico de los dos grupos de resinas acrílicas se observó un intervalo entre 837 y 1100 Newtons sobre metro cuadrado. En cuanto a la media para la resina acrílica de alto impacto se obtuvo un valor de 1035,4 N/m² significativamente mayor que el valor obtenido para la resina acrílica convencional que fue de 864,6 N/m². Al analizar los datos de energía de los dos grupos, existe un intervalo entre 8,8 y 25,5 Joules. El promedio para la resina acrílica SR Triplex Hot® fue menor con 13,7 J en comparación con la resina acrílica convencional Veracril® que tuvo un promedio de 15,5 J.

En la única medida que se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre los dos materiales fue en el módulo elástico, siendo mucho mayor para el SR Triplex Hot® (prueba T, $p < 0.05$) (Tabla 3). En la Figura 3 se puede observar gráficamente esta diferencia entre los valores del módulo elástico cuya media fue de 864,6 para el Veracril® y 1035,4 para el SR Triplex Hot®.

DISCUSIÓN

Este estudio experimental in vitro tuvo en cuenta cinco especímenes de cada clase de resina acrílica, dado que estas son las recomendaciones de tamaño de muestra especificadas en la norma técnica de ASTM Internacional # D 638 – 03. Los estudios de este tipo, permiten evaluar las propiedades mecánicas o físicas de los materiales, con el fin de tener una aplicación clínica y tener elementos para decidir cuál material presenta mayores ventajas (11).

La fuerza de Flexión de un material es una combinación de varias fuerzas; de Compresión, Tensión y Cortante, y a medida que la fuerza tensional y compresiva aumenten se requerirá una fuerza mayor para que se produzca la fractura del mismo material (12).

En el presente estudio las características de esfuerzo, fuerza máxima y módulo de elasticidad, la resina acrílica de alto impacto SR Triplex Hot® mostró valores mayores, lo cual indica que es necesaria mayor carga, fuerza o tensión para producir su falla. Sin embargo, estas diferencias solo fueron estadísticamente significativas para el módulo de elasticidad.

En cuanto a las características de desplazamiento máximo antes de la ruptura, elongación y la energía, la resina acrílica convencional mostró valores mayores lo que indica mayor capacidad de deformación proporcional a la carga impartida, lo cual se traduce en un menor módulo de elasticidad respecto a la resina acrílica de alto impacto.

La única característica que presentó una diferencia significativa entre los dos grupos de resina acrílica de termo curado fue el módulo de elasticidad con un valor de $p=0.000$ en la prueba T para la igualdad de medias, donde la resina acrílica de alto impacto obtuvo un valor mucho mayor que la convencional, lo cual implica que la de alto impacto es mucho más rígido que la resina acrílica convencional. Un módulo de elasticidad menor permite una mayor deformación del material antes de una falla o fractura, lo que se evidenció en las características de elongación y desplazamiento.

En un estudio reciente, Xinlong et al. (13) probaron diferentes proporciones de mezclas de polimetil metacrilato, y señalaron que cuando el valor del módulo elástico es menor, el material presenta una menor rigidez. Lo anterior sería una ventaja para las resinas acrílicas convencionales respecto a las de alto impacto al tener mayor capacidad de deformación antes de la fractura.

La propiedad de Energía es de las propiedades más interesantes por que relaciona otras propiedades como Esfuerzo, Deformación e Impacto. En ingeniería la resiliencia tiene una relación directamente proporcional con la Energía de impacto, la cual se refiere a la capacidad de un cuerpo de resistir fuerzas

de impacto. Para la propiedad de Energía no existió una diferencia estadísticamente significativa, pero el grupo 1 presentó valores mayores en promedio que el grupo 2, lo que sugiere que la resina acrílica del grupo 1 tiene mayor capacidad de absorber el impacto antes de fracturarse. La resistencia al impacto podría ser la continuación de esta línea de investigación por medio de la realización de la prueba de impacto izod.

En conclusión aunque los estudios de laboratorio pretenden simular algunas condiciones pero no reproducen todas las variables que ocurren en una situación clínica particular, el presente estudio se encontró que para esfuerzo, fuerza máxima y módulo elástico la resina acrílica SR Triplex Hot® mostró valores mayores, necesitando así una mayor tensión para la falla. Para desplazamiento máximo antes de ruptura, elongación y la energía, la resina acrílica convencional Veracril® mostró valores mayores.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al profesor Carlos Cruz, matemático, por el análisis estadístico y la obtención de los resultados. Al tecnólogo en Mecánica Dental Héctor Giraldo, por su ayuda en la elaboración de los especímenes. Y al personal del Laboratorio del Departamento de Ingeniería de Materiales de la Universidad del Valle, por la realización de las pruebas físicas.

REFERENCIAS

1. Jagger DC, Harrison A, Jandt KD. The reinforcement of dentures. *J Oral Rehabil.* 1999;26(3):185-94.
2. Nogueira SS, Ogle RE, Davis EL. Comparison of accuracy between compression-and injection-molded complete dentures. *J Prosthet Dent.* 1999;82(3):291-300.
3. Zarb GA et al. *Prostodoncia total de Boucher.* Décima edición. Editorial Interamericana, Mc graw-Hill. 1994. 611p.
4. Keenan PL, Radford DR, Clark RK. Dimensional change in complete dentures

- fabricated by injection molding and microwave processing. *J Prosthet Dent.* 2003;89(1):37-44.
5. Narva KK, Lassila LV, Vallittu PK. The static strength and modulus of fiber reinforced denture base polymer. *Dent Mater.* 2005;21(5):421-8.
 6. Karacaer O, Polat TN, Tezvergil A, Lassila LV, Vallittu PK. The effect of length and concentration of glass fibers on the mechanical properties of an injection- and a compression-molded denture base polymer. *J Prosthet Dent.* 2003;90(4):385-93.
 7. Thomason JL. The influence of fibre length and concentration on the properties of glass fibre reinforced polypropylene: 5. Injection moulded long and short fibre PP. *Compos Part A Appl Sci Manuf.* 2002;33:1641-1652.
 8. Nekora-Azak A, Evlioglu G, Ozdemir-Karataş M, Keskin H. Use of biofunctional prosthetic system following partial maxillary resection: a clinical report. *J Oral Rehabil.* 2005;32(9):693-5.
 9. Guzmán HJ. Biomateriales odontológicos de uso clínico. Cuarta Edición. Bogotá: ECOE ediciones; Abril de 2007. Capítulo XI, Polímeros. Páginas 213 – 226
 10. Skinner EW, Phillips RW. La ciencia de los materiales dentales. Quinta Edición. Buenos Aires: Editorial Mundi; 1960. Capítulos X (Química de las Resinas Sintéticas), XI (Resinas para Bases de dentaduras), y XII (Resinas para Bases de dentaduras). Páginas 138 – 208.
 11. Memon MS, Yunus N, Razak AA. Some mechanical properties of a highlycross-linked, microwave-polymerized, injection-molded denture base polymer. *Int J Prosthodont.* 2001;14(3):214-8.
 12. John J, Gangadhar SA, Shah I. Flexural strength of heat-polymerized polymethyl methacrylate denture resin reinforced with glass, aramid, or nylon fibers. *J Prosthet Dent.* 2001;86(4):424-7.
 13. Xinlong M, Yang Y, Jianxiong M, Xiaohong W, Yanjun Z. Comparison of mechanical properties of polymethyl methacrylate of different mixing ratios. *J Med Eng Technol.* 2011;35(1):54-8.