

ii Análisis Comparativo de la Resistencia a la Fractura de los Materiales Usados en Restauración  
Provisionaló

" Comparative Analysis of Fracture Toughness of Materials Used in Provisional Restoration "

*Sebastián Muñoz Zapata<sup>1</sup>, Johanna Jaramillo Arango<sup>2</sup>*

*Yesid Montoya Goez,<sup>3</sup> Valeria Vélez Patuzzo<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> Protesista Periodontal. Universidad CES. Medellín. Master in Esthetic Dentistry. GIDE/UCLA Los Angeles-California. Dirección electrónica: [sebastian@maskart.com.co](mailto:sebastian@maskart.com.co). <sup>2</sup> Protesista Periodontal. Universidad CES.

Medellín. Dirección electrónica: [Johanna@maskart.com.co](mailto:Johanna@maskart.com.co)

<sup>3</sup> Ingeniero Civil. Escuela de Ingenieros de Antioquia. Medellín. Dirección electrónica:

[Yesid.montoya99@gmail.com](mailto:Yesid.montoya99@gmail.com).

<sup>4</sup> Residente Rehabilitación Oral. Universidad CES. Medellín. Dirección electrónica:

[valeriavelezces@gmail.com](mailto:valeriavelezces@gmail.com)

Recibido: Septiembre 2014. Aprobado: -----

## Abstract

---

### **Introduction and Objective:**

It is required to determine the best method to make provisional acrylic resins which offer good aesthetics and good flexural strength.

The objective of this study is to compare the tensile strength according to ASTM standard 399 between different provisionalization acrylic resins using 4 polymerization methods.

### **Materials and methods :**

Two groups of PMMA were evaluated , 10 specimen of each : the first one with thermopolymerization acrylics (Veracril, NewStetic, Colombia) and the second with autopolymerization acrylics (Veracril, NewStetic, Colombia). Each specimen will be manufactured from a mold according to ASTM standard 399-90. For thermopolymerization acrylics a conventional process will be used in a bronze muffle and plaster mold sealed at manual pressure at a temperature of 70°C for three hours. For autopolymerization acrylics a metallic mold will be used, which will be subjected to the conditions shown in Table N °1. Finally, they will be stored in saline solution at 37°C until it is time to test them with the objective of simulating normal oral conditions.

### **Results:**

The flexural strength in the 4 groups of acrylic resins were compared and no statistically significant difference ( $P = 0.309$ ) was found.

### **Conclusions :**

We recommend using the method of autopolymerization at 20 bar pressure.

**Keywords :** PMM, Bars pressure, flexural strength.

## Resumen

---

### **Introducción y Objetivo:**

Se requiero determinar cual es el mejor método de fabricación de provisionales con resinas acrílicas las cuales ofrezcan una buena estética y buena resistencia a la flexión.

El objetivo de este estudio fue comparar la resistencia a la fractura de acuerdo con la norma ASTM 399-90 , entre diferentes resinas acrílicas para provisionalización, utilizando 4 métodos de polimerización.

### **Materiales y métodos:**

Se evaluaron 2 grupos de PMMA de 10 especímenes: 1 acrílicos de termopolimerización (Veracril, NewStetic, Colombia ) y 1 de autopolimerización (Veracril, NewStetic, Colombia ) .Cada espécimen se fabrico a partir de un molde siguiendo la especificación de la norma ASTM 399-90. Para los acrílicos de termocurado se utilizo el proceso convencional en una mufla de bronce y molde en yeso cerrado a presión manual y una temperatura de 70°C durante 3 horas . Para los de autocurado se utilizo un molde metálico que fue sometido a las siguientes condiciones que se muestran en la Tabla 1 . Finalmente fueron almacenados en solución salina a 37°C hasta el momento que se realizo la prueba con el fin de simular las condiciones del medio oral.

### **Resultados:**

Se compararon la resistencia a la flexión en 4 grupos de resinas acrílicas y no se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $P = .309$ ).

### **Conclusión:**

Se recomienda utilizar el método de Autocurado a 20 bar de presión.

**Palabras claves:** PMMA, Bares de presión, Resistencia a la flexión.

## Introducción

Una prótesis provisional es un componente esencial durante el tratamiento de prostodoncia fija, que debe cumplir con unos requisitos biológicos, mecánicos y estéticos debido a que simula la restauración definitiva(1)(2) . El éxito para cumplir estos requerimientos depende de características importantes que incluyen la contracción por polimerización, la resistencia al desgaste, la estabilidad del color, y resistencia a la flexión del material (3)(4)(5).

El diccionario de términos prostodóncicos define a una restauración provisional como *una restauración transicional que provee protección, estabilización y función antes de la fabricación de una restauración definitiva; puede ser usada para determinar la eficacia estética, funcional y terapéutica del plan de tratamiento* (6). Son muchos los sinónimos que se han usado para nombrar a las restauraciones provisionales: Provisional, intermedia, transicional y temporal. Sin embargo, el término de restauración temporal no debería ser usado(6). Denota algo de poco valor y de poca importancia, totalmente lo opuesto a lo que hasta ahora se puede concluir. Mientras más tiempo y esfuerzo se emplee en el diseño y fabricación de una prótesis provisional más cerca se está de conseguir una restauración definitiva con todas las características óptimas que se pueda alcanzar (7)(8)(9).

Los materiales y las técnicas utilizadas para este tipo de restauraciones han cambiado; parte de

esta evolución ha sido el desarrollo de nuevas resinas y diferentes métodos de procesamiento. La técnica indirecta tiene ventajas significativas incluyendo una mejor integridad marginal y reducción del daño pulpar causado por la polimerización exotérmica; en ella se utilizan acrílicos de termopolimerización y de autopolimerización(8)(10).

La resistencia flexural es una propiedad crítica, particularmente en tramos largos con pónicos y conectores de dimensiones reducidas, y también cuando un paciente presenta hábitos parafuncionales (11)(12) . También es importante cuando estas restauraciones se utilizan por largos periodos de tiempo a la espera de resultados periodontales, endodónticos y ante terapias para disfunciones temporomandibulares o durante la fase de restauración para implantes (5)(13).

El entendimiento de las propiedades mecánicas de estos materiales es importante; En la determinación de cuanto tiempo sobrevivirá la restauración en cavidad oral, y ya que es uno de los factores que deben considerarse a la hora de la selección de un material de provisionalización. Otros factores a tener en cuenta son fácil manipulación, bajo costo, estética y adaptación marginal. Los clínicos deben basar su elección en las necesidades clínicas de cada situación (14).

Los acrílicos de termopolimerización ofrecen ventajas debido que por su técnica de procesamiento obtienen mejores propiedades

mecánicas; esto se debe a que aumenta el grado de conversión por polimerización y a la reducción en la formación de burbujas y porosidades dentro del material. Sin embargo este proceso utiliza mas tiempo en su manufactura con costos elevados. Por otro lado los acrílicos de autopolimerización son mas económicos y rápidos de utilizar pero presentan desventajas importantes como contracción y generación de calor significativas durante la polimerización, y formación de porosidades dentro del material (15). Para superar esta situación la literatura ha propuesto la aplicación de vacío durante la mezcla y realizar la polimerización bajo presión de aire (16).

Estudios previos muestran que la composición del material influye en la mecánica de fractura de los materiales de resina (17). Pequeñas microfracturas bajo la superficie pueden presentarse como resultado de proceso de fabricación y aumenta la probabilidad de fractura de la prótesis durante la función.

La resistencia de fractura de un material representa su habilidad para resistir la propagación de fracturas (11). Este parámetro es importante para valorar la resistencia mecánica y el rendimiento clínico a largo plazo de los materiales dentales. Actualmente hay poco información disponible sobre las propiedades de fractura de materiales provisionales que justifiquen el uso de una técnica en particular.

Con esta investigación queremos demostrar que se puede lograr un provisional en resina acrílica de autocurado que cumpla las mismas características de uno de termocurado, simplificando el tiempo de trabajo, costos y ofreciéndole al paciente un proceso de la misma calidad.

El objetivo de esta investigación es comparar la resistencia a la fractura de acuerdo con la norma ASTM 399 , entre diferentes resinas acrílicas para provisionalización, utilizando 4 métodos de polimerización: termocurado a 70°C a 0 Bares, Autocurado 23 °C 0 Bares, Autocurado 23 °C 2 Bares, Autocurado 23 °C 3 Bares.

### **Materiales y métodos**

Se evaluaron 2 materiales de PMMA divididos en 4 grupos de 10 especímenes cada uno: Grupo 2 (G2) acrílico de termopolimerización (Veracril, NewStetic, Colombia ) y grupo 1, 3 y 4 (G2, G3 y G4) de autopolimerización (Veracril, NewStetic, Colombia ). Cada espécimen se fabricó a partir de un molde fabricado en aluminio y siguiendo la especificación de la norma ASTM 399-90 (Figura 1) y utilizando una proporción polvo:liquido de 3:1 por volumen medido en una probeta de vidrio graduada en mililitros.

En el primer grupo de PMMA autocurado (G1) la polimerización se realizó a temperatura ambiente (23°C) y presión del ambiente (aire libre del laboratorio odontológico). Para los acrílicos de termocurado se utilizó el proceso convencional

en una mufla de bronce y molde en yeso cerrado a presión manual utilizando una temperatura de 70°C durante 3 horas (Grupo 2). Para los de autocurado (Grupos 3 y 4) se utilizó el mismo molde metálico que se sometió a diferente nivel de presión atmosférica: 2 y 3 Bar, utilizando un dispositivo metálico herméticamente sellado Acridense Ì VI (GC Corporation; Tokyo, Japón). En la tabla 8 se observa cada grupo con la condición de polimerización que se evaluó. Al finalizar la polimerización cada espécimen se rotuló y se almacenó en solución salina a 37°C hasta el momento de realizar la prueba con el fin de simular las condiciones del medio oral.

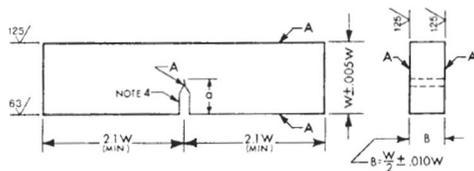


Fig. 1 Dimensiones de las muestras de ensayo a flexión.

La prueba se realizó entre 24 a 48 horas después de la polimerización del material en una maquina de ensayo universal (Instron® modelo 3345-R; Norwood, MA) a una velocidad de 0,5 mm/min. La resistencia a la fractura ( $K_{ic}$ ) se determinó utilizando la siguiente ecuación:

$$(K_{ic}) = \frac{P_c f(a/w)}{BW^{0.5}} \quad (1)$$

en donde  $P_c$  es la carga máxima antes de que avance la fractura (kN).  $f(a/w)$  es una función de  $a$  y  $w$  (ASTM 399-90),  $B$  es el espesor del espécimen y  $W$  es la dimensión del defecto antes de iniciar la prueba.

La superficie de la fractura se registró fotográficamente utilizando un microscopio óptico (Eclipse® modelo LB100; Nikon, Japón) en modo de luz reflejada luego de la falla por fractura en cada espécimen. El análisis de las imágenes se realizó por medio del software NIS Elements (Versión 3.1; Nikon, Japón).

En la Tabla 2. se muestran todas las variables que se utilizaron en el desarrollo de este proyecto.

Tabla 1. Condiciones para la fabricación de las muestras en resina acrílica.

Termocurado	Autocurado		
70°C	23°C	23°C	23°C
presión normal.	0 Bar	2 Bar	3 Bar

La información recolectada se ingreso a una base de datos creada en Excel y elaborada con campos de validación para evitar errores en el ingreso de los mismos. No se encontraron inconsistencia en la recolección de datos.

La descripción de la variable cualitativa se realizo mediante frecuencias absolutas y

relativas, y para las variables cuantitativas se utilizó el promedio y la desviación estándar.

Para comparar la resistencia a la fractura del PMMA sometido a métodos de polimerización se utilizó la prueba ANOVA de una vía (paramétrica). Para comparar el efecto de la presión y la temperatura en la resistencia a la fractura se realizó la prueba de Mann Whitney. Un valor de  $p < 0.05$  se consideró estadísticamente significativo.

Todos los análisis fueron llevados a cabo en el paquete estadístico SPSS versión 19 (SPSS Inc, Chicago, IL)

## Resultados

Se realizó una prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para cada uno de los grupos y se encontró que los 4 presentaron una distribución normal. Para el análisis de la información se utilizó la prueba paramétrica Anova de una vía; en la tabla 3 se observan los resultados obtenidos, no se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $P = 0.309$ ) entre los grupos evaluados.

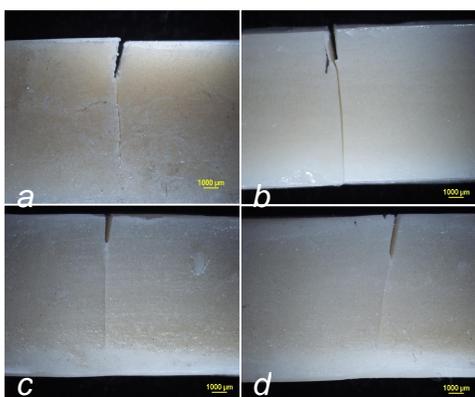
El grupo 3 presentó la mayor resistencia a la fractura con un promedio de 12,65 MPa y una desviación estándar de 1.75 MPa, donde la resistencia a la flexión osciló entre 9.9 y 15.5 MPa. El grupo 2 presentó la mayor variación con un valor entre 3.3 y 19 MPa que corresponde a

un comportamiento heterogéneo del 42.2% (Ver gráfica 1).

De acuerdo a las pruebas todos los especímenes fallan por flexión. Los del grupo 1 (Fig. 2a) presentan una superficie regular y homogénea con algunas irregularidades que se producen en el proceso de fabricación; los del grupo 2 (Fig. 2b) muestran una superficie más porosa con algunas microfisuras y planos de fracturación producidas durante el proceso de fabricación. Las muestras del grupo 3 (Fig. 2c), fabricadas en PMMA de autocurado a 20 bar de presión, tienen una textura más regular y homogénea en comparación con el resto de todos los grupos; las del grupo 4 (Fig. 2d), fabricadas en PMMA de autocurado a 30 bar, presentan una textura irregular y poco porosa.

Polimerización	Bar	N	Media	Desviación típica	CV %	Intervalo de confianza al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
						Autocurado	0		
Termocurado	0	10	11,580	2,127	18,4	10,058	13,101	8,711	15,974
Autocurado	2	10	<b>12,655</b>	<b>1,753</b>	<b>13,9</b>	<b>11,401</b>	<b>13,909</b>	<b>9,983</b>	<b>15,467</b>
Autocurado	3	10	10,319	1,846	17,9	8,998	11,640	5,727	12,162
<b>Total</b>		59	11,326	2,727	24,1	10,616	12,037	3,334	19,434

**Tabla 3:** Análisis descriptivo de la resistencia a la flexión (Mpa) para cada grupo de PMMA



**Fig. 4:** (a) G1-Autopolimerización a 23°C + 0 Bar; (b) G2-Temopolimerización a 70°C + 0 Bar; (c) G3-Autopolimerización a 23°C + 2 Bar; (d) Autopolimerización a 23°C + 3 Bar.

## Discusión

Los resultados de este estudio mostraron que desde un punto de vista estadístico no hay

diferencia en la resistencia a la flexión entre procesos de autocurado y termocurado a diferentes presiones. A pesar de no existir estas diferencias los datos muestran que los acrílicos de autocurado sometidos a 2 bar de presión presentan una mejor resistencia a la flexión comparada con los otros grupos.

La información científica existente indica que las resinas acrílicas polimerizadas bajo presión son

más resistentes y menos porosas que aquellas procesadas con la presión del ambiente (aire libre)(16). Los resultados de este estudio son consecuentes con esta información.

Un estudio similar se encontró que la polimerización bajo presión positiva aumenta la resistencia entre 26% y el 66%; adicionalmente reportan que solamente mezclando el PMMA al vacío puede aumentar la resistencia transversal entre el 15% y el 72% .(18) En el presente estudio la diferencia entre el método de polimerización de menor (G4) y mayor (G3) desempeño es del 12%. La polimerización de PMMA autocurado sometido a una atmósfera de 2 Bar (G3) incrementa la resistencia a la fractura un 15% cuando se compara al polimerizado en aire y sin presión (G1); la polimerización de PMMA autocurado a 2 Bar de presión (G3) aumenta la resistencia un 9% cuando se compara con uno de termocurado (G2). La diferencia de resultados entre los dos estudios puede explicarse porque la prueba de análisis es diferente: Winston y colaboradores usaron la prueba de tres puntos de flexión para calcular la resistencia transversal, mientras que este estudio utilizó la misma prueba pero para calcular la resistencia a la fractura. Debido a que el espécimen al iniciar la prueba ya tenía dentro de su diseño un defecto (norma ASTM 399-90) se espera que cada muestra falle más rápido cuando es sometida a una carga menor porque hay una propagación de la fractura más rápida. Adicionalmente las resinas acrílicas usadas son

de casas comerciales diferentes, en donde el tamaño y la forma de la partícula de PMMA son variables y como consecuencia pueden alterarse la proporción de mezcla entre el monómero y el polímero.

En otro estudio se encontró un aumento significativo de la resistencia transversal del PMMA cuando se sometía a una presión de 20psi (1,3 Bar aproximadamente).(4) Según los autores esto se debe a la disminución en la formación de porosidades en la resina acrílica durante la polimerización. Cuando una burbuja de aire queda atrapada en la masa del acrílico actúa como un defecto por donde se inicia una falla; esa misma burbuja al estar sometida a una presión más alta se comprime y reduce su tamaño, y como consecuencia hay una propagación lenta del defecto y una mayor resistencia a la fractura. En el presente estudio se obtuvieron unos resultados similares. Las muestras más porosas fueron las del PMMA autocurado en aire sin presión (G1). Un hallazgo interesante es el que se presenta a 3 Bar (G4); se esperaría que a mayor presión hay más reducción de la porosidad y mayor resistencia a la fractura, sin embargo la resistencia disminuye. Cuando se observa un espécimen de este grupo al microscopio óptico (figura 2d) se aprecia una masa acrílica densa (poco aire atrapado, i.e. burbujas) y un cambio de color hacia la superficie. Una explicación para estos dos fenómenos puede ser el efecto que tiene la alta presión a la que se somete el monómero de la

mezcla durante la polimerización en la que la fase líquida puede ser expulsada (i.e. exprimida) hacia el exterior reduciendo la proporción monómero/polímero. Este fenómeno siempre ocurre cuando se somete el acrílico a algún método de presión (figura 2a, 2c y 2d).

La resina acrílica de PMMA termocurado ha sido considerada como el material ideal para confeccionar restauraciones provisionales (19)(8). Los resultados de esta investigación muestran una diferencia de 6% en la resistencia a la fractura entre el PMMA autocurado en la presión del ambiente (G1) y el PMMA termocurado (G2) siendo mayor en el segundo (11,5 Mpa) que en el primero (10,9 MPa). Es interesante observar que el coeficiente de variación para este grupo (G1) es de 42,2% (resultados heterogéneos). Esto se puede explicar por la diferencia en el coeficiente de evaporación del monómero que depende de la saturación en el medio y que es difícil de controlar cuando se polimeriza este tipo de resina en un medio abierto (19), además hay mayor concentración de burbujas de aire (figura 2a). Estas son razones suficientes para elegir un método como el de termocurado para obtener mejores resultados clínicos. Sin embargo, la fabricación de una restauración provisional con el método de PMMA termocurado es dispendioso, toma mucho tiempo y se utiliza una cantidad considerable de energía (en especial la eléctrica que es necesaria para transformar en calor) lo que lo convierte en un proceso poco eficiente y

costoso para el profesional. Los resultados sugieren la utilización de una presión moderada (2 Bar) como alternativa para encontrar un equilibrio entre resistencia y porosidad interna que favorezca la respuesta mecánica del PMMA autocurado. Este método es rápido, con un consumo de tiempo y energía menor lo que lo hace más eficiente y económico. Adicionalmente se obtiene una resistencia 9% mayor (G3-12,6 MPa) comparado con el PMMA termocurado (G2-11,5 MPa).

La resistencia a la flexión es una propiedad importante, especialmente cuando se utilizan restauraciones de tramos largos de provisionales; la flexión repetitiva permite la deformación de la restauración durante la oclusión, aumentando el riesgo de descementación, fractura de los conectores, y como resultado provocando en el paciente incomodidad durante la función masticatoria (20). Esta propiedad es solo uno de un gran número de factores que tienen que ser considerados en el momento de seleccionar los materiales y las técnicas apropiadas para el uso clínico (11). Sin embargo con la mejora de las propiedades mecánicas se esperaría un comportamiento clínico superior.

## Conclusiones

Desde un punto de vista estadístico, no hay diferencia en la resistencia a la flexión entre procesos de autocurado y termocurado a diferentes presiones; Sin embargo las propiedades mecánicas obtenidas en la resina acrílica sometida a polimerización bajo presión a 2 Bar hacen muy atractiva esta técnica, y la muestran como una alternativa simple y eficiente a las técnicas convencionales.

Cualquier proceso simple que disminuye la porosidad e incrementa la resistencia de una resina de autopolimerización tiene un gran valor para el clínico de la odontología.

## Recomendaciones

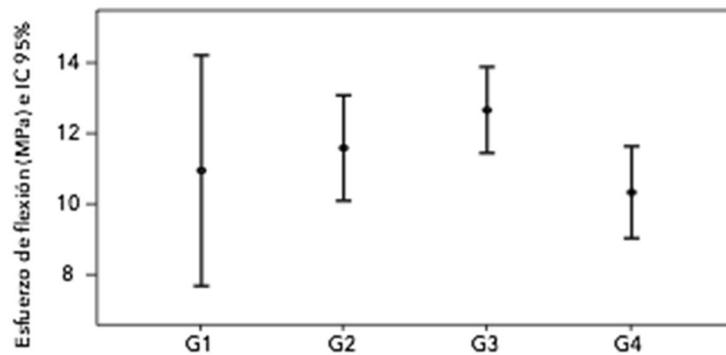
- Debido al alcance y limitaciones de este estudio se sugiere aumentar el tamaño de la muestra para verificar las diferencias estadísticas (tamaño muestral).
- Evaluar diferentes casas comerciales con la misma metodología para realizar comparaciones más objetivas con los diferentes estudios.
- Evaluar la resistencia a la fractura de los materiales provisionales después de termociclaje para analizar el efecto del envejecimiento.

Tabla 2 . *Variables.*

	Variable	Definición Operacional	Naturaleza	Nivel Operacional	Codificación
1	Metodo de polimerización	Proceso fisico-quimico mediante el cual endurece la resina acrilica de PMMA	Cualitativa	Nominal	Auto= PMMA de autopolimerización Termo= PMMA de termopolimerización
2	Temperatura de polimerización	Cantidad de energia calórica aplicada durante el proceso de polimerización	Cuantitativa	Discreta	Grados celsius: 23°C y 70°C
3	Presión de polimerización	Cantidad de fuerza aplicada durante el proceso de	Cuantitativa	Discreta	Bares: 0 bar y 2 bar

		polimerización			
4	Resistencia a la fractura	Habilidad del material para resistir la propagación de fracturas	Cuantitativa	Continua	Megapascales (Mpa)

Grafica 1. Promedio e intervalos de confianza del esfuerzo de flexión en Mpa para cada grupo de acrílico



#### Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la empresa NewStetic por la donación de los materiales requeridos para esta investigación y al laboratorio de Biomateriales del convenio EIA-CES por facilitar sus instalaciones para la realización de las pruebas de caracterización.

#### Bibliografía

1. Yuodelis RA, Faucher R. Provisional restorations: an integrated approach to periodontics and restorative dentistry. *Dent Clin North Am.* 1980 Apr;24(2):285ñ303.
2. Vallittu PK. Glass fiber reinforcement in repaired acrylic resin removable dentures: preliminary results of a clinical study. *Quintessence Int.* 1997 Jan;28(1):39ñ44.
3. Christensen GJ. Provisional restorations for fixed prosthodontics. *J Am Dent Assoc.* 1996 Feb;127(2):249ñ52.
4. Donovan TE, Hurst RG, Campagni WV. Physical properties of acrylic resin

- polymerized by four different techniques. *J Prosthet Dent.* 1985 Oct;54(4):522-4.
5. Ehrenberg DS, Weiner S. Changes in marginal gap size of provisional resin crowns after occlusal loading and thermal cycling. *J Prosthet Dent.* 2000 Aug;84(2):139-48.
  6. Glossary of prosthodontic terms. *J Prosthet Dent.* 1987 Dec;58(6):713-62.
  7. Koumjian JH, Holmes JB. Marginal accuracy of provisional restorative materials. *J Prosthet Dent.* 1990 Jun;63(6):639-42.
  8. Naylor WP, Beatty MW. Materials and techniques in fixed prosthodontics. *Dent Clin North Am.* 1992 Jul;36(3):665-92.
  9. Christensen GJ. Provisional restorations for fixed prosthodontics. *J Am Dent Assoc.* 1996 Feb;127(2):249-52.
  10. Solnit GS. The effect of methyl methacrylate reinforcement with silane-treated and untreated glass fibers. *J Prosthet Dent.* 1991 Sep;66(3):310-4.
  11. Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Vargas MA. Flexural strength of provisional crown and fixed partial denture resins. *J Prosthet Dent.* 2002 Feb;87(2):225-8.
  12. Gegauff AG, Pryor HG. Fracture toughness of provisional resins for fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent.* 1987 Jul;58(1):23-9.
  13. Castelnuovo J, Tjan AH. Temperature rise in pulpal chamber during fabrication of provisional resinous crowns. *J Prosthet Dent.* 1997 Nov;78(5):441-6.
  14. Tjan AH, Tjan AH, Grant BE. Marginal accuracy of temporary composite crowns. *J Prosthet Dent.* 1987 Oct;58(4):417-21.
  15. Scotti R, Mascellani SC, Forniti F. The in vitro color stability of acrylic resins for provisional restorations. *Int J Prosthodont.* 1997 Apr;10(2):164-8.
  16. Chee WW, Donovan TE, Daftary F, Siu TM. The effect of vacuum-mixed autopolymerizing acrylic resins on porosity and transverse strength. *J Prosthet Dent.* 1988 Oct;60(4):517-9.
  17. Larson WR, Dixon DL, Aquilino SA, Clancy JM. The effect of carbon graphite fiber reinforcement on the strength of provisional crown and fixed partial denture resins. *J Prosthet Dent.* 1991 Dec;66(6):816-20.
  18. Young HM, Smith CT, Morton D. Comparative in vitro evaluation of two provisional restorative materials. *J Prosthet Dent.* 2001 Feb;85(2):129-32.
  19. Shillimburg T. Fundamentals of fixed prosthodontics. Third Edition. Chapter 15.; 1997.
  20. Ogawa takahiro. Effect of water temperature during polymerization on strength autopolymerizing resin. 2000; 84(2): 222-224.