ÕAnálisis comparativo de la resistencia a la fractura del PMMA usado para restauración provisionalÔ

Investigador principal y asesor:

Sebastián Muñoz Zapata[*]

[*] Odontólogo especialista en Prótesis Periodontal, Universidad CES, Medellín. Master in Esthetic Dentistry, gIDE/UCLA, Los Angeles-California. E-mail: sebastian@maskart.com.co

Co-investigadores:

Johanna Jaramillo Arango[**]*, Yesid Montoya Goez*[***] *y Valeria Vélez Patuzzo*[****]

[**] Odontóloga especialista en Prótesis Periodontal, Universidad CES, Medellín. E-mail: johanna@maskart.com.co

[***] Ingeniero Civil, Escuela de Ingenieros de Antioquia, Medellín. MsC Ingeniería de Materiales, Universidad Nacional de Colombia, Medellin. E-mail: yesid.montoya99@gmail.com

[****] Odontóloga residente posgrado de Rehabilitación Oral, Universidad CES, Medellín. E-mail: valeriavelezces@gmail.com

Grupo de Investigación:

Grupo de Investigación en Ingeniería Biomédica EIA-CES (GIBEC)

Línea de Investigación:

Biomateriales

Universidad CES

Medellin, 30 de Septiembre de 2014

ÕAnálisis comparativo de la resistencia a la fractura del PMMA usado para restauración provisionalÖ

Investigador principal y asesor:

Sebastián Muñoz Zapata[*]

[*] Odontólogo especialista en Prótesis Periodontal, Universidad CES, Medellín. Master in Esthetic Dentistry, gIDE/UCLA, Los Angeles-California. E-mail: sebastian@maskart.com.co

Co-investigadores:

Johanna Jaramillo Arango[**]*, Yesid Montoya Goez*[***] *y Valeria Vélez Patuzzo*[****]

[**] Odontóloga especialista en Prótesis Periodontal, Universidad CES, Medellín. E-mail: johanna@maskart.com.co

[***] Ingeniero Civil, Escuela de Ingenieros de Antioquia, Medellín. MsC Ingeniería de Materiales, Universidad Nacional de Colombia, Medellin. E-mail: yesid.montoya99@gmail.com

[****] Odontóloga residente posgrado de Rehabilitación Oral, Universidad CES, Medellín. E-mail: valeriavelezces@gmail.com

Facultad de Odontología

Area de Biomateriales

Aspirante al titulo de Especialista en Rehabilitación Oral

Universidad CES

Medellin, 30 de Septiembre de 2014

Índice de contenido

i. Resumen y palabras clave 1

ii. Abstract and key words 2

1. Formulación del problema 3

1.1. Planteamiento del problema 4

1.2. Justificación de la propuesta 5

1.3. Pregunta de investigación 6

2. Marco Teórico 7

3. Hipótesis 8

4. Objetivos 9

4.1. General 10

4.2. Específicos 11

5. Metodología 12

5.1. Tipo de Investigación 13

5.2. Universo y diseño muestral 14

5.3. Materiales y métodos 15

5.4. Variables de investigación 16

5.5. Técnica de recolección de la información 17

5.6. Plan de análisis 18

6. Consideraciones éticas 19

7. Resultados 20

8. Discusión 21

9. Conclusiones 22

10. Recomendaciones para estudios futuros 23

11. Bibliografia 24

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 especimenes: 1 acrilicos de termopolimerización (Veracril, NewStetic, Colombia) y 1 de autipolimerización (Veracril, NewStetic, Colombia) .Cada especimen 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 70ºC durante 3 horas . Para los de autocurado se utilizo un molde metálico que fue sometido a las siguientes condiciónes que se muestran en la Tabla 1 . Finalmente fueron almacenados en solución salina a 37ºC 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.

ABSTRACT

Introduction and Objective:

It is requiered 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 autipolymerization 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 70ºC for three hours. For autipolymerization acrylics a metallic mold will be used, which will be subjected to the conditions shown in Table N º1. Finally, they will be stored in saline solution at 37ºC 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 autopolymeriztion at 20 bar pressure.

Keywords : PMM, Bars pressure, flexural strength.

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

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). 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 (2).

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 (3)(4)(5).

La resistencia flexural es una propiedad crítica, particularmente en tramos largos con pónticos y conectores de dimensiones reducidas, y también cuando un paciente presenta hábitos parafuncionales (4). 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 (6)(7).

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 profesionalización. Otros factores a tener en cuenta son fácil manipulación, bajo costo, estética y adaptación marginal. El profesional debe basar su elección en las necesidades clínicas de cada situación.

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 (8) . 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. Para superar esta situación la literatura ha propuesto la aplicación de vacío durante la mezcla y realizar la polimerización bajo presión de aire.

Estudios previos muestran que la composición del material influye en la mecánica de fractura de los materiales de resina. 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 (9).
La resistencia de fractura de un material representa su habilidad para resistir la propagación de fracturas.

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.

1.2. Justificación del problema

En la practica se utiliza un proceso para fabricar provisionales con resina acrílica de termopolimerización porque este método de polimerización cumple con las demandas mecánicas a las que se someten en la clínica. Sin embrago el proceso de laboratorio toma mucho tiempo (4 horas) y se puede perder información (textura superficial) que hay que reconstruir en caso de errores durante su ejecución. Con esta investigación queremos demostrar que se puede lograr un provisional en resina acrílica de autopolimerización que cumpla las mismas características de uno de termopolimerización, simplificando el tiempo de trabajo, costos y ofreciéndole al paciente un proceso de la misma calidad.

1.3. Propósito

El propósito de este estudio es implementar una técnica alternativa para elaborar provisionales acrílicos, a partir de la comparación de la resistencia a la fractura de dos tipos de resinas acrílicas (autopolimerización y termopolimerización) provenientes de 6 casas comerciales, para restauración provisional utilizando diferentes métodos de polimerización y aplicando las normas existentes para este tipo de materiales.

1.4. Pregunta de investigación

¿Cual combinación entre técnica y material presenta la mayor resistencia a la fractura?

2. MARCO TEÓRICO

Las restauraciones provisionales en el área de la prótesis fija se usan para la protección del diente que ha sido preparado completamente y/o parcialmente después de haber perdido estructura dental como consecuencia de alguna patología o como parte del diseño del tratamiento (10). Además, se usan para el establecimiento de un plano oclusal armónico que permita una estabilización intra-arco e inter-arco, como también para guiar la estética de la restauración definitiva. Por lo anterior, el profesional debe saber que la restauración provisional es una guía para la restauración definitiva final y debe fabricarse cuidadosamente y con todas las características optimas para una restauración dental (11) (12). Por ejemplo, una restauración provisional sobre-contorneada y poco estética, hará que el paciente pierda confianza en el tratamiento y en el profesional, además de originar otros problemas alrededor del diente que se restaure. Lo mas apropiado, seria que no hubiese cambios grandes en la restauración provisional durante las diferentes etapas del tratamiento, pues así el paciente se acostumbra y acepta el efecto estético que se quiere alcanzar; sin embargo, se pueden realizar pequeños cambios estéticos y funcionales durante las diferentes etapas del tratamiento para poder lograr las mejores características para cada caso especifico (13).

Uno de los usos de las restauraciones provisionales es para el manejo psicológico del paciente. El paciente se acomoda fácilmente a la manipulación clínica intraoral y permite más fácilmente alteraciones en la forma del arco, plano oclusal y estética que son determinantes para la restauración definitiva final. La falta de comunicación entre el paciente y el profesional debido a factores psicológicos, puede llevar a la construcción de una restauración final que no es lo más apropiada para el caso específico.

El diccionario de términos prostondóncicos define a una restauración provisional como ó*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*ô *(14)*. Son muchos los sinónimos que se han usado para nomenclar a las restauraciones provisionales: Provisional, intermedia, transicional y temporal. Sin embargo, el término de restauración temporal no debería ser usado (14). 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 sé esta de conseguir una restauración definitiva con todas las características óptimas que se pueda alcanzar.

Los requisitos que debe cumplir una restauración provisional (*Tabla 1*) tienen mucho en común con los que debe cumplir una restauración definitiva. Estos requisitos son:

Biológicos	*Mecánicos*	*Estéticos*
Protección Pulpar Protección Periodontal Estabilidad Oclusal Estabilidad Dental	Restauración de la función Retención Resistencia Protección vs. la Fractura	Forma Textura Color / Translucidez Olor

Tabla 1: Requisitos que debe cumplir una restauración provisional.

(1) Protección pulpar y periodontal*:* Un provisional debe fabricarse en materiales que sean aislantes térmicos y con suficiente estabilidad dimensional, pues los dientes recién preparados, presentan túbulos dentinales expuestos (abiertos) lo que posibilita la alteración de la fisiología pulpar. Además debe facilitar la higiene evitando la acumulación de placa bacteriana (15).

(2) Estabilidad oclusal y dental: El correcto restablecimiento de los contornos dentales permite el mantenimiento de la posición horizontal y vertical de los dientes adyacentes y la estabilidad de la posición tridimensional del diente restaurado (16).

(3) Restauración de la función: Con el restablecimiento de la anatomía perdida se logra mantener una correcta función de la masticación y de la fonación (1).

(4) Retención, resistencia y protección contra la fractura: Aunque ambas propiedades dependen en gran medida del diseño de la restauración y de la preparación dental, el provisional debe ser fabricado en un material que permita la estabilidad y se oponga al desplazamiento provocado por las fuerzas intraorales. Además debe ser lo suficientemente rígido para oponerse contra la fractura durante el manejo que se presenta durante todas las etapas del tratamiento (17).

(5) Requisitos estéticos: El restablecimiento de la forma, textura, color y translucidez permiten un buen manejo psicológico y la comodidad del paciente (18).

Los objetivos descritos anteriormente dependen en gran medida de las propiedades de las resinas. Entre ellas se incluyen la contracción por polimerización, la resistencia al uso, la integridad marginal, la estabilidad del color y la resistencia ante el esfuerzo masticatorio. La verdadera importancia de la mayoría de estos factores esta directamente relacionada con el tiempo programado para el uso de la restauración provisional. De la lista

anterior, la integridad marginal es esencial para mantener la salud gingival y proteger el diente de los ataques físicos, químicos, bacterianos y térmicos (10).

A través de la historia los profesionales del área de la odontología han estado el material restaurador ideal. Este material debe tener el mismo color de un diente natural, larga duración, resistir el medio oral; se debe adherir a la estructura dental y debe tener la capacidad de realizarse directamente en el lugar de la preparación (10). Los últimos dos factores son los más deseables. De todos lo tipos de materiales restauradores, los que se clasifican como materiales poliméricos son los que mas se ajustan a estos requerimientos.

La historia indica que el nuevo uso de materiales para propósitos restaurativos ha seguido muy de cerca el desarrollo y la introducción de nuevos métodos y tecnologías en el mundo científico, la comunidad odontológica esta en busca de materiales mejores económicos y fáciles de manejar y frecuentemente se adapta para buscar nuevos y diferentes propósitos (19). El uso de materiales para construir restauraciones provisionales compuestos por resinas ha ido creciendo exponencialmente.

Mucho antes que los sistemas poliméricos sintéticos fueran desarrollados muchos de los materiales se clasificaron como plásticos y eran desarrollados a partir de las resinas naturales o de exudados y tejidos de algunas plantas, animales e insectos. Los primeros ejemplos de estos materiales eran los cuervos y cascos de estos animales mas adelante estos productos fueron mezclados con fibra de madera para producir sustancias moldeables y de mayor masa.

Antes de 1900 se usaba en el área de la odontología un producto que era el exudado de una planta llamado coralita y conocido hoy en día como gutapercha. Este producto es muy similar en su estructura molecular al caucho natural, su diferencia radica en la disposición de los átomos, este cambio da como resultado grandes diferencias en las propiedades físicas. La primera aplicación de la gutapercha fue como un material de selle temporal en situaciones de emergencia; también era usado para fabricar restauraciones provisionales directas (6) (13).

El periodo que abarca desde 1910 hasta 1950 se conoció como la era termoplástico; los polímeros termoplásticos muestran un cambio físico cuando son calentados ocurriendo un movimiento y distorsión en su estructura. El desarrollo de los polímeros en esta era llevo a la odontología materiales útiles de los cuales algunos se usan actualmente: acetato de celulosa (1903), bakelita (1907), poliestireno (1911), PVC (1912), poliéster (1932), nylon (1934), poliamidas (1935), polietileno (1935), teflón y resinas epóxicas (1939)(10) (9).

Actualmente se utilizan diferentes materiales para la fabricación de restauraciones provisionales que varían desde metales hasta plásticos (Tabla 2).

Metales	Resinas
Coronas de Aluminio *Coronas de Níquel - Cromo*	*Policarbonato* *Polimetil metacrilato (PMMA)* *Polietil metacrilato (PEMA)* *Polivinil metacrilato (PVMA)* *Bis-acril composite*

Tabla 2: Materiales disponibles para la fabricación de restauraciones provisionales.

(1) Coronas de aluminio: Se utilizaron durante muchos años como restauraciones provisionales. Consisten en unas coronas prefabricadas en aluminio que son adaptadas adecuadamente a la preparación dental y cementadas con un cemento rígido; la técnica para su fabricación es muy sensible pero se pueden conseguir casos satisfactorios. Sin embargo no siempre cumple las características necesarias para restauraciones simples o múltiples. Las coronas de aluminio son las restauraciones provisionales en prótesis fija que mas han contribuido a un inadecuado selle marginal y restauración oclusal. Además el espesor del metal no es lo suficientemente estable aun cuando esta bien adaptado deformándose fácilmente. Solo están indicadas en áreas donde la estética no es una factor determinante (20) .

(2) Coronas de niquel-cromo: Son coronas prefabricadas mas fuertes y resistentes que las de aluminio que proveen una restauración provisional con características adecuadas, pero el tiempo invertido para su fabricaron, el resultado estético desfavorable y la amenaza de una reacción de hipersensibilidad asociada al níquel de algunos pacientes desfavorecen el uso de este material. Son económicas y se pueden construir directamente sobre el diente preparado y al igual que las coronas de aluminio tampoco contribuyen a un adecuado selle marginal y restauración oclusal (12).

(3) Coronas de policarbonato: Son coronas preformadas de diferentes tamaños que proveen buena estética y oclusión si son ajustadas correctamente, son comúnmente usadas para restauraciones provisionales de dientes anteriores (21) (22).

(4) Polimetil-metacrilato (PMMA): Es una resina de naturaleza termopolimerizable, de aspecto transparente a la que se adicionan colorantes dependiendo del objetivo final del material. Tiene la

capacidad de transmitir la luz ultravioleta con una longitud de onda de 0.25 μ m. Es una resina dura (dureza Knoop de 18 hasta 20). Su resistencia a la tracción oscila alrededor de 600 Kg/cm^2. Su modulo de elasticidad es de casi 24400 Kg/cm^2. La resina es estable, no se altera fácilmente (varia según el medio). Es químicamente estable al calor, se ablanda a 125 ºC y se moldea como un material termoplástico. Entre esta temperatura y 200 ºC (T_g) sufre el proceso de despolimerización. Aproximadamente a 450 ºC, el 90% se despolimeriza y se transforma en monómero. El poli-metacrilato (alto peso molecular) se degrada hasta convertirse en un polímero de bajo peso molecular y al mismo tiempo se produce el monómero. Como las demás resinas, tiende a incorporar agua en su estructura (imbibición) de forma reversible, y aumentar su volumen alrededor de 0.5%. Es una sustancia sólida de estructura amorfa (no cristalina) con elevada energía interna. Es soluble en solventes orgánicos como el cloroformo y la acetona (17)(23)(24).

Comercialmente consiste en dos fases separadas: El Monómero (liquido) y el polímero (polvo). El monómero es un compuesto de metacrilato de metilo puro combinado con una cantidad pequeña de hidroquinona (inhibidor de polimerización) y dimetil P toluidina (activador de polimerización). El polímero es un polvo de partículas esféricas compuesto de polimetil metacrilato, peróxido de benzoilo (iniciador) y pigmentos. Después de mezclar el polvo con el líquido, la resina acrílica sufre una serie de cambios físicos que ocurren en un intervalo de tiempo entre 3´30´´ y 8´ (depende del fabricante) a temperatura ambiente. Estos cambios son: Fase liquida (0´´ a 40´´), fase filamentosa (40´´ a 1´5´´), fase plástica (1´5´´ a 6´30´´) y finalmente una fase elástica (6´30´´ a 8´´). El proceso de polimerización puede ser activado por dos vías: química (autopolimerización) y químico-física (termopolimerización) (7) (25). En general, se ha establecido que la termopolimerización ofrece un producto final con propiedades físicas mejoradas puesto que la reacción es mas completa y hay menor cantidad de monómero residual (menor irritación, menor porosidad, mayor estabilidad del color). Sin embargo, las resinas acrílicas autopolimerizables son resistentes (Tabla 3) y se pueden mejorar sus propiedades si se mejora la técnica de procesamiento.

Material	*Fabricante*	*Resistencia a la fractura*
Caulk	*Dentsply Caulk*	97.9 MPa
Jet	*Lang Dental Mfg Co.*	89.9 MPa
Alike	*GC Americal*	83.1 MPa
Cold Pack	*Molloid*	76.8 MPa
Duralay	*Duralay Corporation*	56.8 MPa

Tabla 3: Resistencia a la fractura de 5 resinas de PMMA.

La información científica indica que las resinas acrílicas polimerizadas bajo presión son más resistentes y menos porosas que aquellas procesadas con la presión del ambiente (aire libre). Además, parece que la inmersión en agua con o sin presión no influye de manera decisiva en la resistencia final del material (Tabla 4). La polimerización bajo presión positiva aumenta la resistencia entre el 26% y 66%; la polimerización bajo presión negativa (vacío) aumenta la resistencia entre el 15% y 72%. El uso de equipos con presión positiva para preparar materiales en la práctica privada es poco común. Sin embargo, muchos profesionales poseen sistemas de vacío en sus laboratorios por lo que es posible usarlo durante la mezcla de la resina.

Técnica	*Resistencia a la fractura (MPa)*
Aire	14.42
Agua	13.73
Presión	17.47
Agua + Presión	17.57

Tabla 4: Resistencia a la fractura vs. Técnica de polimerización.

El calor activa la reacción química entre el monómero y el polímero, y produce una polimerización mas completa. Por otro lado, la activación térmica induce contracción durante la polimerización. La polimerización de las resinas acrílicas en agua entre 20 ºC y 30 ºC produce mejor adaptación marginal que las fabricadas en agua con temperatura mayor a 30 ºC o en el medio ambiente (aire) a 20 ºC (26)(2). Sin embargo, cuando se fabrica una restauración provisional, el agua caliente se usa para reforzar la superficie externa de la corona. La superficie interna y el margen deben ser reajustados sin usar este tipo de técnica de polimerización (10).

Se puede especular que el mejoramiento de las propiedades físicas lleva a un mejor desempeño clínico. Aun así, muchas restauraciones no resisten el esfuerzo que se les aplica. Un provisional construido con PMMA reparado muestra una disminución significativa en la resistencia a la fractura que el espécimen original. Esta disminución en la resistencia varía desde el 66% hasta 85%.

Uno de los principales factores desfavorables de este tipo de reina es la liberación de calor durante la polimerización del material. El calor liberado (74 ºC aproximadamente) es potencialmente lesivo para la pulpa, por lo que se recomienda retirar el material del diente durante el inicio de la fase elástica para controlar este pico térmico (15)(27)(8). Se debe tener recordar que la cantidad de calor generado durante la polimerización del es directamente proporcional al volumen del material usado.

Es el material para fabricación de restauraciones provisionales más usado actualmente. Tiene un costo económico, buena resistencia y estabilidad del color.

(5) Polietil-metacrilato (PEMA): Su composición es muy similar al PMMA. Se diferencian principalmente en la composición del polímero: En lugar de tener un grupo funcional metilo, tiene un etilo. Este pequeño cambio confiere al material propiedades físico-químicas. Entre los cambios más

significativos, es la disminución en la temperatura liberada durante la polimerización. Esta temperatura oscila alrededor de 50 ºC. Aun así, la información científica advierte la posibilidad de injuria pulpar con este material (28).

La disminución en el tiempo de trabajo es otro de los atributos de este material. Es mayor para el PEMA que para el PMMA, posibilitando un mejor manejo. Esta muy relacionado con el cambio en la temperatura liberada durante la polimerización. El polietil metacrilato sufre una reacción de polimerización por cadenas cruzadas, resultando menor grado de contracción durante la reacción química; pero resulta una mayor desadaptación marginal inmediata a la polimerización comparada con algunos PMMA (Tabla 5).

Material	*Fabricante*	*Composición*	*Desadaptación marginal*
Snap	Parkell Biomaterials	PEMA	80.8 μ m
Alike	*GC Americal.*	PMMA	67.3 μ m
Jet	*Lang Dental Mfg Co*	PMMA	68.3 μ m
Cold Pack	*Molloid*	PMMA	55 μ m
Duralay	*Duralay Corporation*	PMMA	39 μ m

Tabla 5: Desadaptación marginal inmediata a la polimerización de PMMA vs. PEMA.

Sus principales desventajas son una menor dureza (Tabla 6), menor resistencia a la abrasión, menor estabilidad del color y dificultad operatoria durante el pulido del material.

(6) Polivinil-metacrilato (PEVA): Es una resina acrílica que fue diseñada para solucionar la necesidad de materiales con poca liberación de calor durante la polimerización y con comportamiento clínico aceptable. Sus características favorables son: Buen pulido, buena estabilidad del color, resistente a la abrasión y muy poca liberación de calor. Sin embargo, la resistencia a la fractura comparada con otras resinas acrílicas es baja (Tabla 7) .

Material	*Fabricante*	*Composición*	*Resistencia a la fractura*

Snap	Parkell Biomaterials	PEMA	35.5 MPa
Caulk	*Dentsply Caulk*	PMMA	97.9 MPa
Jet	*Lang Dental Mfg Co.*	PMMA	89.9 MPa
Alike	*GC Americal*	PMMA	83.1 MPa
Cold Pack	*Molloid*	PMMA	76.8 MPa
Duralay	*Duralay Corporation*	PMMA	56.8 MPa

Tabla 6: Resistencia a la fractura de PMMA vs. PEMA.

(7) Bis-acril Composite (Bis-C): Este material fue diseñado a partir de la molécula de una resina epóxica. Su diferencia radica en los grupos reactivos funcionales que son acrílicos.

Este tipo de material es el que presenta menor liberación de calor durante su polimerización. Posee baja contracción volumétrica y buena resistencia a la fractura (12).

Su principal desventaja es la dificultad para reparar el material. Además es difícil de pulir y se pigmenta fácilmente. Finalmente el costo del material es alto.

Material	*Fabricante*	*Composición*	*Resistencia a la fractura*
Caulk	*Dentsply Caulk*	PMMA	97.9 MPa
Jet	*Lang Dental Mfg Co.*	PMMA	89.9 MPa
Alike	*GC Americal*	PMMA	83.1 MPa
Cold Pack	*Molloid*	PMMA	76.8 MPa
Duralay	*Duralay Corporation*	PMMA	56.8 MPa
Snap	Parkell Biomaterials	PEMA	35.5 MPa
Trim	Boswoeth Company	PVMA	29.1 MPa

Tabla 7: Resistencia a la fractura de PVMA vs. PEMA y PMMA..

Como se ha descrito anteriormente, la calidad de la restauración provisional depende primordialmente de la integridad marginal, de la adecuada rigidez y de la resistencia ante la fractura. Además, la fabricación del provisional debe ser fácil independiente de la técnica utilizada.

Recientemente se han introducido fibras construidas a partir de materias primas diferentes que son combinadas con polímeros (11)(27). Esta combinación aumenta en gran medida la resistencia del material final. Se ha mostrado mucho interés en el uso de polímeros reforzados con fibras de vidrio, carbono/grafito y polietileno.

La capacidad de refuerzo de las fibras depende básicamente en: La orientación de las fibras, la adhesión del polímero a las fibras y la impregnación de la fibra con la resina acrílica. La selección en la dirección de la fibra (unidireccional/bidireccional) depende del requerimiento que se quiere mejorar. En las restauraciones provisionales, se pueden usar fibras unidireccionales para reforzar la región de los conectores y las bidireccionales para reforzar la corona (29)(17).

La adición de fibras a un polímero incrementa considerablemente la resistencia a la fractura y previene la formación de micro-fracturas.

3. HIPOTESIS

3.1. Las resinas acrílicas de autocurado polimerizado bajo presión y calor tiene una resistencia a la fractura mayor que el acrílico de termocurado.
3.2. Las resinas acrílicas de autocurado polimerizado bajo presión y calor tiene una resistencia a la fractura menor que el acrílico de termocurado.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Comparar la resistencia a la fractura de acuerdo con la norma ASTM 399 , entre diferentes resinas acrílicas para provisionalización, utilizando 4 métodos de polimerización.

4.2 Objetivos específicos

(1) Establecer los parámetros de autocurado teniendo en cuenta las características obtenidas a partir de termocurado.
(2) Evaluar la resistencia a la fractura por medio de ensayos de flexión utilizando de la norma ASTM 399.
(3) Determinar si se modifican la resistencia a la fractura después de aplicar diferentes técnicas de polimerización.

5. METODOLOGÍA

5.1. Tipo de investigación

Estudio Ex vivo controlado no aleatorizado.

5.2. Universo y diseño muestral

Se realizaran N: 40 especímenes. Muestra seleccionada por conveniencia.

5.3. 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.

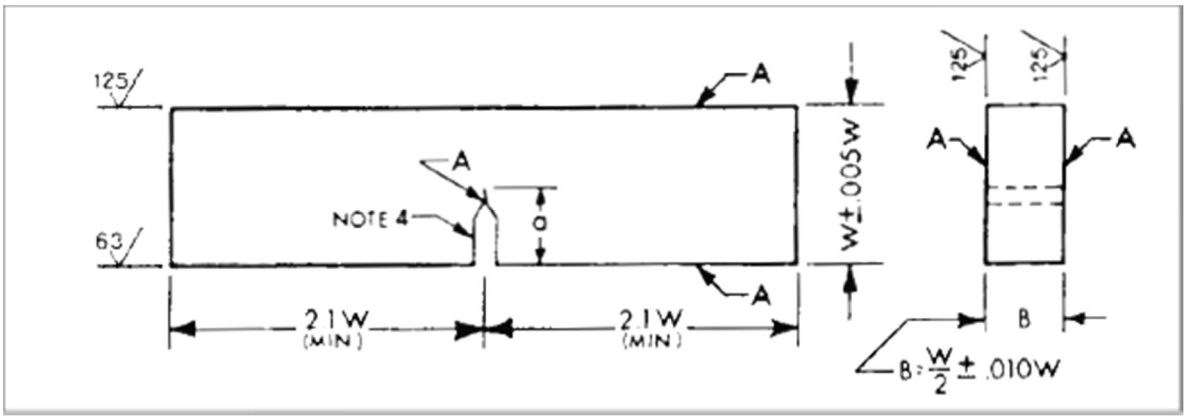

Figura 1: Dimensión del espécimen.

En el primer grupo de PMMA autocurado (G1) la polimerización se realizó a temperatura ambiente (23ºC) 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 70ºC 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 Acri-Dense 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 37ºC hasta el momento de realizar la prueba con el fin de simular las condiciones del medio oral.

Grupo	Tipo Acrilico	Polimerización	Presión (Bar)	Temperatura (ºC)	Tiempo (min)
G1	PMMA	Auto*	0	23º	15
G2	PMMA	Termo**	?	70º	180
G3	PMMA	Auto*	2	23º	15
G4	PMMA	Auto*	3	23º	15

Tabla 8: Condiciones para la fabricación de las muestras en resina acrílica.

*Veracril-auto®; Newstetic, Colombia - **Veracril-Termo; Newstetic, Colombia

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:

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

en donde Pc 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).

5.4. Variables de investigación

	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: 23ºC y 70ºC
3	Presión de polimerización	Cantidad de fuerza aplicada durante el proceso de polimerización	Cuantitativa	Discreta	Bares: 0 bar y 2 bar
4	Resistencia a la fractura	Habilidad del material para resistir la propagación de fracturas	Cuantitativa	Continua	Megapascales (Mpa)

5.5 Técnicas de recolección de información

La información recolectada se ingresó en una base de datos creada en Excel® (Versión 2013, Microsoft©; Redmond, WA) y elaborada con campos de validación para evitar errores durante su ingreso. No se encontró ninguna inconsistencia en la información de los registros de las pruebas realizadas al material de PMMA.

5.6. Plan de Análisis

La descripción de la variable cualitativa se realizó mediante frecuencias absolutas y relativas; para las variables cuantitativas se utilizó el promedio (media) y la desviación estándar debido a que la distribución de los datos se aproximó a la normal (prueba de Shapiro-Wilk). Para comparar la resistencia a la fractura del PMMA sometido a diferentes métodos de polimerización se utilizó la prueba ANOVA de una vía (paramétrica) debido a que se cumplen los supuestos estadísticos. 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 se llevaron a cabo en el paquete estadístico SPSS versión 19 (SPSS Inc, Chicago, IL).

6. CONSIDERACIONES ÉTICAS

El valor de ésta investigación reside en saber cuál método de polimerización ofrece mayor resistencia para que el profesional tenga información no sesgada que le permita decidir cuál utilizar esperando resultados predecibles. Esta investigación no presenta riesgo alguno según la clasificación de acuerdo con el Artículo 11 de la Resolución 8430 de 1993 (Universidad CES, Medellín).

7. RESULTADOS

En la tabla 9 se observan los resultados obtenidos, no se encontró diferencia estadísticamente significativa (P =0.309) entre los grupos evaluados.

Grupo	Media	Desviación Standard	CV %	Intervalo de confianza al 95%		Mínimo	Máximo
				Límite inferior	Límite superior		
G1	10,921	4,610	42,2	7,623	14,218	3,334	19,434
G2	11,580	2,127	18,4	10,058	13,101	8,711	15,974
G3	12,655	1,753	13,9	11,401	13,909	9,983	15,467
G4	10,319	1,846	17,9	8,998	11,640	5,727	12,162
Total	11,326	2,727	24,1	10,616	12,037	3,334	19,434

Tabla 9: Análisis descriptivo de la resistencia a la fractura (MPa).

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).

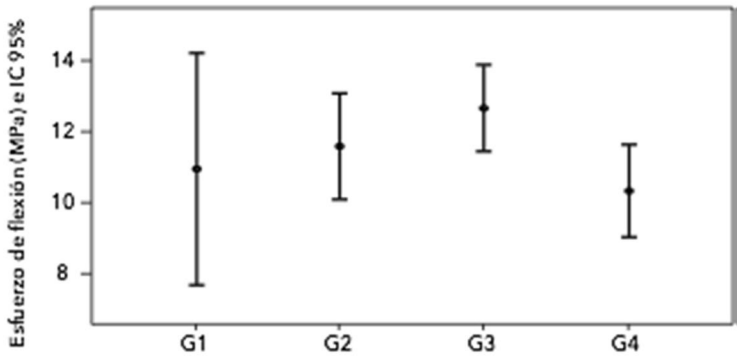

Figura 1: Promedio e intervalos de confianza de la resistencia a la fractura (esfuerzo de flexión en MPa).

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 mas 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 mas 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.

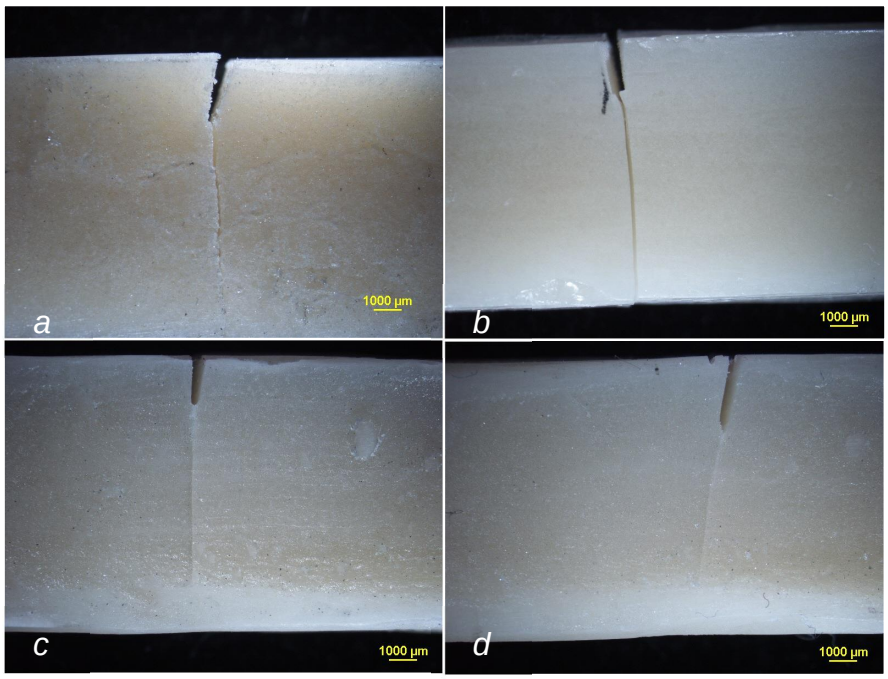

Fig. 2: (a) G1-Autopolimerización a 23°C + 0 Bar; (b) G2-Temopolimerización a 70°C + 0 Bar; (c) G3-Autopolimerización a 23°C + 2 Bar; (d) Autopolimerización a 23°C + 3 Bar.

8.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) (26)(23)(3) . 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 (30). 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 tenia dentro de su diseño un defecto (norma ASTM 399-90) se espera que cada muestra falle mas rápido cuando es sometida a una carga menor porque hay una propagación de la fractura mas 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 se alterar 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) (3). 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 mas 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 mas 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 liquida 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 (20). 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 (20), ademas 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 trasformar 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 mas 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 (26). Esta propiedad es solo uno de un gran numero de factores que tienen que ser considerados en el momento de seleccionar los materiales y las

técnicas apropiadas para el uso clínico (4) . Sin embargo con la mejora de las propiedades mecánicas se esperaría un comportamiento clínico superior.

9. CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio permiten concluir 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. Esto hace mas atractivo desde una perspectiva clínica el uso del método de Autocurado a 2 bar de presión ya que es un proceso de menor duración, que tiene menos perdida de material y que el acabado superficial es menos poroso y mas homogéneo.

10. RECOMENDACIONES PARA ESTUDIOS FUTUROS

Para evitar estratificaciones en las muestras para estudios posteriores es recomendable cortar aquellos estratos donde aparecen las franjas blancas. También se sugiere en estudios posteriores aumentar el tamaño de muestra de cada tratamiento. Se recomienda también realizar mas estudios para evaluar el efecto del aumento de la presión sobre la resistencia y la textura de la resina acrílica.

11. BIBLIOGRAFIA

1. Christensen GJ. Provisional restorations for fixed prosthodontics. J Am Dent Assoc. 1996 Feb;127(2):249ñ52.

2. Naylor WP, Beatty MW. Materials and techniques in fixed prosthodontics. Dent Clin North Am. 1992 Jul;36(3):665ñ92.

3. Donovan TE, Hurst RG, Campagni WV. Physical properties of acrylic resin polymerized by four different techniques. J Prosthet Dent. 1985 Oct;54(4):522ñ4.

4. Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Vargas MA. Flexural strength of provisional crown and fixed partial denture resins. J Prosthet Dent. 2002 Feb;87(2):225ñ8.

5. Koumjian JH, Holmes JB. Marginal accuracy of provisional restorative materials. J Prosthet Dent. 1990 Jun;63(6):639ñ42.

6. Scotti R, Mascellani SC, Forniti F. The in vitro color stability of acrylic resins for provisional restorations. Int J Prosthodont. 1997 Apr;10(2):164ñ8.

7. DeBoer J, Vermilyea SG, Brady RE. The effect of carbon fiber orientation on the fatigue resistance and bending properties of two denture resins. J Prosthet Dent. 1984 Jan;51(1):119ñ21.

8. Vallittu PK. Peak temperatures of some prosthetic acrylates on polymerization. J Oral Rehabil. 1996 Nov;23(11):776ñ81.

9. Gegauff AG, Pryor HG. Fracture toughness of provisional resins for fixed prosthodontics. J Prosthet Dent. 1987 Jul;58(1):23ñ9.

10. Tjan AH, Castelnuovo J, Shiotsu G. Marginal fidelity of crowns fabricated from six proprietary provisional materials. J Prosthet Dent. 1997 May;77(5):482ñ5.

11. Solnit GS. The effect of methyl methacrylate reinforcement with silane-treated and untreated glass fibers. J Prosthet Dent. 1991 Sep;66(3):310ñ4.

12. Rueggeberg FA. From vulcanite to vinyl, a history of resins in restorative dentistry. J Prosthet Dent. 2002 Apr;87(4):364ñ79.

13. Vallittu PK. Glass fiber reinforcement in repaired acrylic resin removable dentures: preliminary results of a clinical study. Quintessence Int. 1997 Jan;28(1):39ñ44.

14. Glossary of prosthodontic terms. J Prosthet Dent. 1987 Dec;58(6):713ñ62.

15. Castelnuovo J, Tjan AH. Temperature rise in pulpal chamber during fabrication of provisional resinous crowns. J Prosthet Dent. 1997 Nov;78(5):441ñ6.

16. 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):139ñ48.

17. Van Zyl I, Geissberger M. Simulated shape design. Helping patients decide their esthetic ideal. J Am Dent Assoc. 2001 Aug;132(8):1105ñ9.

18. Koumjian JH, Firtell DN, Nimmo A. Color stability of provisional materials in vivo. J Prosthet Dent. 1991 Jun;65(6):740ñ2.

19. Vallittu PK. The effect of glass fiber reinforcement on the fracture resistance of a provisional fixed partial denture. J Prosthet Dent. 1998 Feb;79(2):125ñ30.

20. Shillimburg T. Fundamentals of fixed prosthodontics. Third Edition. Chapter 15.; 1997.

21. Yuodelis RA, Faucher R. Provisional restorations: an integrated approach to periodontics and restorative dentistry. Dent Clin North Am. 1980 Apr;24(2):285ñ303.

22. Sehajpal SB, Sood VK. Effect of metal fillers on some physical properties of acrylic resin. J Prosthet Dent. 1989 Jun;61(6):746ñ51.

23. 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):517ñ9.

24. Powell DB, Nicholls JI, Yuodelis RA, Strygler H. A comparison of wire- and Kevlar-reinforced provisional restorations. Int J Prosthodont. 1994 Feb;7(1):81ñ9.

25. Diaz-Arnold AM, Dunne JT, Jones AH. Microhardness of provisional fixed prosthodontic materials. J Prosthet Dent. 1999 Nov;82(5):525ñ8.

26. Ogawa takahiro. Effect of water temperature during polymerization on strength autopolymerizing resin. 2000; 84(2): 222-224.

27. 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):816ñ20.

28. Zwetchkenbaum S, Weiner S, Dastane A, Vaidyanathan TK. Effects of relining on long-term marginal stability of provisional crowns. J Prosthet Dent. 1995 Jun;73(6):525ñ9.

29. Christensen GJ. Provisional restorations for fixed prosthodontics. J Am Dent Assoc. 1996 Feb;127(2):249ñ52.

30. Young HM, Smith CT, Morton D. Comparative in vitro evaluation of two provisional restorative materials. J Prosthet Dent. 2001 Feb;85(2):129ñ32.