

Comparación del módulo de elasticidad y resistencia de la resina acrílica de termocurado y la resina flexible superpoliamida.

Estudio *in vitro*

Comparison of the module of elasticity and resistance of thermal curing acrylic resin and flexible superpolyamide resin. An *in vitro* study

James Enrique Maylle Leon^{1*} <https://orcid.org/0000-0003-2982-0128>

Jorge Girano Castaños¹ <https://orcid.org/0000-0003-1854-5001>

Raúl Rojas Ortega¹ <https://orcid.org/0000-0002-0165-7501>

¹Universidad Privada Norbert Wiener, Facultad de Ciencias de la Salud. Escuela Académica profesional de Odontología. Lima, Perú.

*Correo electrónico: enriquemaylleleon@gmail.com

RESUMEN

Objetivo: Comparar el módulo de elasticidad y resistencia de la resina acrílica de termocurado y la resina flexible superpoliamida.

Métodos: Se diseñó un estudio experimental que empleó dos tipos de resinas acrílicas preparadas en cera para obtener una forma rectangular de 64 mm de largo, 10 mm de ancho y 2,5 mm de grosor, pasadas a acrílico de termocurado y resina flexible superpoliamida. Se emplearon 10 bloques de resina acrílica de cada tipo sometidas a compresión por la máquina de ensayos universal, que generó una fuerza de aproximación de 0,001 N sobre los bloques con un avance de 0,01 mm/min. El módulo de resistencia y el módulo de elasticidad se analizaron mediante la prueba de flexión de tres puntos.

Resultados: El módulo de elasticidad de la resina acrílica de termocurado fue de $2501,83 \pm 139,42$, mientras que el módulo de resistencia fue de $78,36 \pm 11,69$ MPa. Por otro lado, el módulo de elasticidad de la resina flexible superpoliamida fue de $1020,59 \pm 92,95$, mientras que el módulo de resistencia fue de $36,04 \pm 2,71$ MPa. El módulo de elasticidad de la resina acrílica de termocurado fue mayor al de la resina flexible superpoliamida, esta diferencia fue de 1481,24 MPa. El módulo de resistencia de la resina acrílica de termocurado fue mayor al de la resina flexible superpoliamida.

Conclusiones: Se concluyó que el módulo de elasticidad (rigidez) y resistencia fue mayor en la resina acrílica de termocurado en comparación a la resina flexible superpoliamida.

Palabras clave: resina acrílica; módulo de resistencia; módulo de elasticidad.

ABSTRACT

Objective: Compare the module of elasticity and resistance of thermal curing acrylic resin and flexible superpolyamide resin.

Methods: An experimental study was conducted of two types of acrylic resins molded in wax to obtain a 64 mm long, 10 mm wide and 2.5 mm thick rectangular shape, and then transferred to thermal curing acrylic resin and flexible superpolyamide resin. Ten acrylic resin blocks of each type were used. The blocks were compressed by the universal testing machine, which generated an approximation force of 0.001 N on the blocks at a forward speed of 0.01 mm/min. The resistance module and the elasticity module were analyzed with the three point flexural test.

Results: The elasticity module of the thermal curing acrylic resin was 2501.83 ± 139.42 , whereas the resistance module was 78.36 ± 11.69 MPa. The elasticity module of the flexible superpolyamide resin was $1020.59 \pm 92,95$, whereas the resistance module was 36.04 ± 2.71 MPa. The elasticity module of the thermal curing acrylic resin was greater than that of the flexible superpolyamide resin, the difference being 1481.24 MPa. The resistance module of the thermal curing acrylic resin was greater than that of the flexible superpolyamide resin.

Conclusions: The elasticity (rigidity) and resistance module was greater in the thermal curing acrylic resin than in the flexible superpolyamide resin.

Key words: acrylic resin, resistance module, elasticity module.

Recibido: 14/06/2020

Aceptado: 20/01/2021

Introducción

Comúnmente se presentan en la consulta odontológica pacientes que han perdido gran parte de dientes por diversas razones, estos pacientes se ven afectados por la falta de sus dientes desde el punto de vista funcional y estético. Este último punto constituye un factor que genera una alta expectativa en cuanto a los resultados que se obtendrán luego de haber culminado el tratamiento requerido.

La mayor preocupación del paciente parcialmente edéntulo que recibirá una prótesis parcial removible es el hecho de que esta estructura contenga elementos metálicos o “artificiales” que sean notorios y resulten antiestéticos y desagradables. La anterior razón constituye un gran reto para el área de rehabilitación moderna, que incluye orientar las investigaciones con el fin de obtener mejores resultados de los que brindan las prótesis convencionales, utilizando nuevos materiales como el nailon, que pueden pasar desapercibidos y brindar mayor confort y estética al paciente.⁽¹⁾

Actualmente los odontólogos prescriben con mayor frecuencia las prótesis flexibles debido a que este permite que la dentadura evite transferir tensiones a los dientes y tejidos adyacentes, minimizando así el trauma de tener una dentadura parcial. Mientras que el color de la base de la prótesis coincide con los tejidos orales a la perfección y elimina el uso de cierres metálicos como en otras prótesis parciales. El diseño de la prótesis parcial removible basado en metal es complejo porque tiene que adaptar materiales rígidos a un entorno flexible. Esto deja margen para el error, especialmente en condiciones donde se enfrentan los diseños ideales y las preparaciones clínicas.^(2, 3)

Sin embargo, la gran cantidad de fracturas en las prótesis dentales removibles es un hecho en el medio odontológico. Por lo que se ha cuestionado la resistencia y el módulo de elasticidad que tienen las prótesis flexibles en comparación a las prótesis con resinas acrílicas convencionales.^(3, 4) El módulo de elasticidad indica la rigidez de un material. Un material con un módulo de elasticidad elevado es más rígido, en cambio un material que tenga un módulo de elasticidad más bajo es más flexible.^(5, 6, 7) Por su parte el módulo de resistencia flexural es la fuerza por unidad de área al punto de fractura de un material sujeto a una carga flexural. Siguiendo dos lineamientos aplicados en odontología el primero una prueba de tres puntos y la otra en la estructura de un cantilever.^(8, 9, 10)

En el área de rehabilitación oral se busca un material para la elaboración de prótesis dental removible que no solo cumpla con todos los parámetros funcionales, sino también que permita una adecuada resistencia a la fractura y amplia flexibilidad, la que se relaciona a la estética, ya que el retiro de los retenedores metálicos permitirá que los nuevos retenedores sean del mismo material que la base de prótesis, de aquí la importancia de analizar las propiedades físicas de los biomateriales en los que se basan las prótesis removibles. Por esta razón, la investigación busca determinar el módulo de elasticidad y resistencia de la resina acrílica de termocurado y la resina flexible superpoliamida, aclarando sus beneficios de un material sobre el otro.

Métodos

Se realizó una investigación cuantitativa, experimental, transversal, prospectiva y analítica. La población fue las barras de resina acrílica de termocurado y de resina flexible superpoliamida. Se requirió una muestra mínima de 10 barras de cada tipo de resina acrílica, para un total de 20 barras empleadas para todo el estudio.

Se utilizó la técnica que se empleó para recolectar los datos fue la técnica experimental *in vitro*. Para esto inicialmente se tuvieron que confeccionar unas barras de resinas acrílicas de los materiales a estudiar. Estas barras de resina

tuvieron estas dimensiones: 64 mm de largo, 10 mm de ancho y 2,5 mm de grosor. Para la elaboración de las 20 barras de resina acrílica primero se realizaron láminas de cera cavex con las mismas dimensiones que se deseaban para las resinas acrílicas, para el caso de la resina acrílica de termocurado (Vitacryl) y la resina acrílica flexible superpoliamida (Deflex Classic SR) las láminas de cera fueron enmufladas en filas de cuatro barras de cera por mufla, agregándole un bebedero para posteriormente insertar el material acrílico por medio de la técnica de la cera perdida (Fig. 1).



Fig. 1. Enmuflado de las barras de cera.

La técnica de enmuflado consiste en colocar la mufla sellada en un recipiente con agua hirviendo hasta que se derrita la cera generando un espacio en negativo de la forma que se desea, en este caso con la forma de las barras de ceras realizadas con anterioridad. Posteriormente con los espacios generados en las muflas se dividieron en dos grupos: los primeros recibieron la resina de termocurado lento donde se abrieron las muflas para colocar el material en su forma plástica hasta completar todo el espacio en negativo para posteriormente ser sellada de nuevamente y comprima expulsando el material sobrante, luego la mufla fue llevada nuevamente al agua hirviendo hasta que se complete el proceso de termo polimerización; para el caso de la resina flexible una vez conseguidas las muflas con los espacios en negativo, el material resinoso fue calentado en el horno integrado de la misma marca (Deflex Injection System) para luego ser inyectado por presión en la mufla, completando los espacios en negativo con este material (Fig. 2).

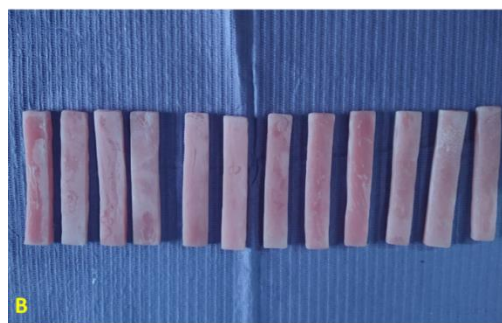


Fig. 2. Barras de resinas acrílicas formadas.

Una vez “obtenidas las barras de resina acrílica de ambos materiales, estos fueron rotularos y se llevaron al laboratorio especializado en ensayos mecánicos de materiales HTL para proseguir y obtener el módulo de elasticidad y resistencia de las resinas acrílicas. El procedimiento en el laboratorio consistió en colocar la cada barra de resinas individualmente y por separado en la máquina de ensayos universales, la maquina presentaba una base con soporte equidistantes en donde descansaría la barra de acrílico. Ya posicionado la barra, desde la parte superior y desde el centro de las zonas equidistantes baja un vástago metálico a una velocidad de avance de 1 mm/min generando la deflexión del material y posteriormente su fractura (Fig. 3).

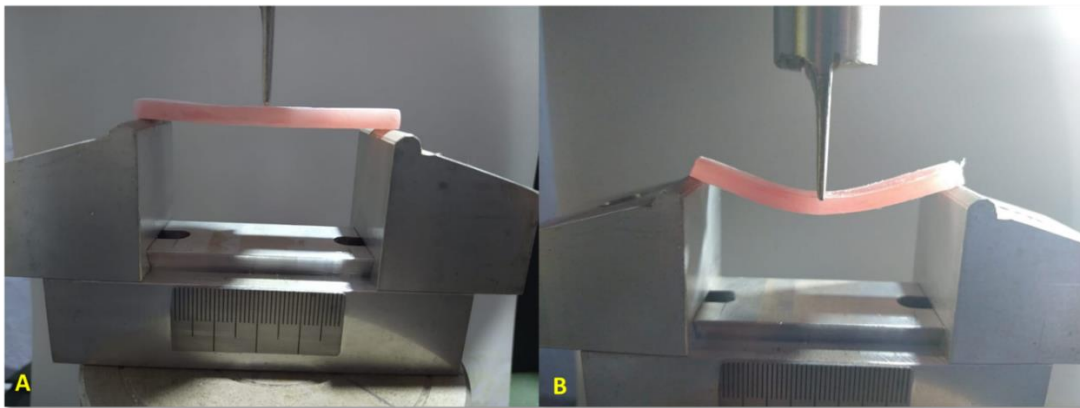


Fig. 3. A. Barra de resina acrílica en la máquina de ensayos universales. B. Determinación del módulo de elasticidad y resistencia de las resinas acrílicas empleadas

La técnica empleada en el laboratorio de ensayos mecánicos para determinar el módulo de elasticidad y resistencia de las resinas acrílicas fue la técnica de tres puntos. Para calcular el módulo de resistencia se utilizó resistencia flexural la que correspondió a la resistencia última que pudo soportar el material que se calculó por la fórmula:

$$MR = 3PL/2bd^2$$

Donde:

MR: módulo de resistencia;

P: fuerza última con la que la muestra se fracturó (N);

L: distancia entre los soportes;

b: ancho de la muestra;

d: espesor de la muestra.

Mientras que para determinar el módulo de elasticidad se empleó la fórmula:

$$ME = FL^3/4ybd^3$$

Donde:

ME: módulo de elasticidad (MPa);

y: desviación correspondiente a la carga F en un punto en la porción de línea recta de la curva de carga-desviación;

L: distancia entre los soportes;

b: ancho de la muestra;

d: espesor de la muestra.

Posterior a su ejecución el laboratorio se encargó de entregar los datos solicitados al investigador para la elaboración de los resultados estadísticos. El instrumento empleado fue una ficha de recolección de datos, en la que se anotaron los valores del módulo de elasticidad y resistencia de la resina acrílica de termocurado y la resina flexible superpoliamida. Para el procesamiento de la base de datos se empleó el programa estadístico SPSS versión 22 empleando la prueba t de Student para muestras independientes y el programa Excel para la elaboración de gráficos.

Resultados

Se encontró que la resina de termocurado tuvo un módulo de elasticidad promedio de 2501,83 MPa, mientras que su módulo de resistencia fue de 78,36 mm. Por su parte la resina flexible superpoliamida tuvo un módulo de elasticidad de 1020,59 MPa y un módulo de resistencia de 36,04 MPa (Tabla 1).

Tabla 1. Comparación de las propiedades físicas evaluadas según tipo de resina

Resina	Módulo de elasticidad (MPa)	Módulo de resistencia (MPa)
Resina acrílica de termocurado	2501,83 ± 139,42	78,36 ± 92,95
Resina flexible superpoliamida	1020,59 ± 11,69	36,04 ± 2,71

Respecto al módulo de elasticidad la comparación de las puntuaciones obtenidas a través de la prueba t de Student para muestras independientes evidenció un valor de 0,00003, por lo tanto, existe diferencia estadísticamente significativa entre el módulo de elasticidad de la resina acrílica de termocurado y la resina flexible superpoliamida.

Se evidencia que el módulo de elasticidad de la resina acrílica de termocurado fue mayor al de la resina flexible superpoliamida, siendo esta diferencia de 1481,24 MPa.

Respecto al módulo de resistencia, la comparación de las puntuaciones obtenidas a través de la prueba t de Student para muestras independientes evidenció un valor de 0,002, por lo tanto, existe diferencia estadísticamente significativa entre el módulo de resistencia de la resina acrílica de termocurado y la resina flexible superpoliamida. Se evidencia que el módulo de resistencia de la resina acrílica de termocurado es mayor al de la resina flexible superpoliamida, esta diferencia es de 42,32 MPa.

Discusión

En este estudio se encontró que la resina acrílica de termocurado (Vitacryl) presentó un módulo de elasticidad mayor a las de su módulo de resistencia. Lo que concuerda con los resultados encontrados por Cabezas,⁽⁵⁾ quien evidenció que el módulo de resistencia de dos resinas acrílicas de termocurado fue de 73,52 MPa y 65,56 MPa. Lo que coincide con los resultados encontrados por Pazmiño,⁽¹¹⁾ quien menciona que el módulo de resistencia de la resina acrílica de termocurado fue de 85,12 MPa. Coincidiendo, además, con los resultados descritos por Hemmati et al.,⁽⁴⁾ quienes describen en su investigación que la resistencia a la fractura de dos resinas acrílicas de termocurado fue de 88,21 MPa y 77,77 MPa. Por último, estos resultados también concuerdan con lo encontrado en la investigación de Villavicencio,⁽¹²⁾ quien relata que en sus resultados encontró que la resistencia a la fractura de la resina acrílica de termocurado fue de 88,02 MPa y 80,13 MPa.

Así también este estudio evidenció que la resina flexible superpoliamida (Deflex Classic SR) presentó un módulo de elasticidad de $1020,59 \pm 92,95$ MPa, mientras que su módulo de resistencia fue de $36,04 \pm 2,71$ MPa. Resultados que discrepan con lo hallado por Iwata,⁽¹³⁾ quien menciona que la resina flexible presentó un módulo de elasticidad que comprende entre los 1243,3 MPa y 1559,8 MPa. Así también estos resultados discrepan con los hallados por Elif et al.,⁽³⁾ quienes relatan que el módulo de resistencia de la resina flexible fue de 73,2 MPa. Estas posibles diferencias se deben a que Iwata,⁽¹³⁾ realizó sus barras de acrílico de un grosor de 2,5 mm. Mientras en esta investigación se realizó con una plantilla de 2 mm de espesura. Por otro lado, las discrepancias encontradas con otras investigaciones pueden deberse a que la máquina de ensayos universales presenta una velocidad de avance distinta a la planteada en este estudio.^(14, 15, 16)

Así también al comparar el módulo de elasticidad de la resina acrílica de termocurado y la resina flexible superpoliamida se encontró que la resina

acrílica de termocurado presentó un módulo de elasticidad de $2501,83 \pm 139,42$ MPa, mientras que la resina flexible superpoliamida evidencio un módulo de elasticidad de $1020,59 \pm 92,95$ MPa, evidenciándose una diferencia de $1481,24$ MPa entre un material y el otro. La resina flexible presentó menor módulo de elasticidad (mayor flexibilidad) que la resina acrílica de termocurado. Lo que se corrobora con los resultados encontrados por Iwata,⁽¹³⁾ quien describe en su investigación que la resina flexible presentó un menor módulo de elasticidad (mayor flexibilidad) que la resina acrílica de termocurado.

Por otro lado, al comparar el módulo de resistencia de la resina acrílica de termocurado y la resina flexible superpoliamida se encontró que la resina acrílica de termocurado presentó un módulo de resistencia de $78,36 \pm 1,69$ MPa, mientras que la resina flexible superpoliamida evidencio un módulo de resistencia de $36,04 \pm 2,71$ MPa, evidenciándose una diferencia de $42,32$ MPa entre un material y el otro, presentando la resina acrílica de termocurado mayor resistencia a la fractura que la resina flexible superpoliamida. Resultados que concuerdan con lo encontrado en la investigación de Elif et al.,⁽³⁾ quienes mencionan que la resina acrílica de termocurado presentó mayor resistencia a la fractura que la resina flexible, por lo que sus módulos de resistencia fueron de $89,1 \pm 7,52$ y $73,2 \pm 6,68$ MPa, sucesivamente.

Conclusiones

En base a los resultados cuantitativos del presente estudio el módulo de elasticidad y resistencia de la resina acrílica de termocurado fue superior a la resina flexible superpoliamida. El módulo de elasticidad de la resina acrílica de termocurado fue de $2501,83 \pm 139,42$, mientras que la resina flexible superpoliamida fue de $1020,59 \pm 92,95$. El módulo de resistencia de la resina acrílica de termocurado fue de $78,36 \pm 11,69$, mientras que la resina flexible superpoliamida fue de $36,04 \pm 2,71$. Es recomendable realizar estudios de módulo de flexibilidad y resistencia de diversas resinas nanohíbridas y microhíbridas.

Referencias bibliográficas

1. Olivera M. Diseño de un protocolo para la elaboración de prótesis parcial removible flexible, con el sistema de inyección flexstar en el laboratorio de mecánica dental de la Curn. [Tesis para optar el título de Tecnólogo en mecánica dental]. Cartagena: Universidad de Cartagena; 2015.
2. Neelam P, Karishma S. Comparative Evaluation of Impact and Flexural Strength of Four Commercially Available Flexible Denture Base Materials:

- An In Vitro Study. J Indian Prosthodont Soc. [Internet]. 2013;13(4):499-508 [acceso: 12/05/2020]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3792327/>
3. Elif A, Bora B, Sedanur T. Effects of thermal cycling on surface roughness, hardness and flexural strength of polymethylmethacrylate and polyamide denture base resins. Appl Biomater Funct Mater. [Internet]. 2015;13(3):280-6 [acceso: 12/05/2020]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26350350/>
 4. Hemmati M, Vafae F, Allahbakhshir H. Water Sorption and Flexural Strength of Thermoplastic and Conventional Heat-Polymerized Acrylic Resins. JDT. [Internet]. 2015;12(7):478-484 [acceso: 12/05/2020]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4749413/>
 5. Cabezas C. Influencia de los cambios térmicos en la resistencia flexural de los acrílicos de termocurado para la base de dentaduras con y sin insertos metálicos: estudio in vitro. [Tesis para optar el título de cirujano dentista]. Quito: Universidad Central de Ecuador; 2017.
 6. Laura M. Estudio in vitro de la dureza superficial de resinas acrílicas usadas en provisorios. [Tesis para optar el título de Cirujano Dentista]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2016.
 7. Haro D. Tipos de materiales utilizados para la confección de las prótesis removibles de pacientes mayores de 30 años en la ciudad de Quito. [Tesis para optar el título de Cirujano Dentista]. Universidad de las Américas, Quito; 2016.
 8. Bonifaz M. Efecto de los limpiadores químicos de prótesis dentales en la micro dureza superficial de las bases acrílicas de termo curado. Estudio *in vitro*. [Tesis para optar el título de Cirujano Dentista]. Quito; Universidad Central de Ecuador; 2018.
 9. Gotusso C. Estudio comparativo de las propiedades físico-mecánicas de resinas acrílicas sometidas a diferentes métodos de curado y pulido. [Tesis para optar el título de Doctor en odontología]. Córdoba; Universidad Nacional de Córdoba; 2017.
 10. Tay L, Bail M, Herrera D, Jorge J. Propiedades de materiales resilientes para rebase de prótesis. Rev Estomatol Herediana. [Internet]. 2011;21(1):102-109 [acceso: 12/05/2020]. Disponible en: <https://revistas.upch.edu.pe/index.php/REH/article/view/241/208>
 11. Pazmiño D. Estudio comparativo in vitro de la resistencia a la deflexión transversa de acrílico para base de dentadura con y sin insertos metálicos. [Tesis para optar el título de cirujano dentista]. Quito: Universidad Central de Ecuador; 2016.

12. Villavicencio M. Comparación de la resistencia mecánica de resinas acrílicas para base de prótesis dentales totales termopolimerizables. [Tesis para optar el título de cirujano dentista]. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín; 2015.
13. Iwata Y. Assessment of clasp design and flexural properties of acrylic denture base materials for use in non-metal clasp dentures. JPOR. [Internet]. 2015;60(2):1-9 [acceso: 12/05/2020]. Disponible en:
14. Shivani K, Shekhar B. Flexural properties of polyamide versus injection-molded polymethylmethacrylate denture base materials. European Journal of Prosthodontics. [Internet]. 2013;1(3):56-60 [acceso: 12/05/2020]. Disponible en: <https://go.gale.com/ps/anonymous?id=GALE%7CA393450167&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=23474610&p=HRCA&sw=w>
15. Huamani J. Huamani J, Alvarado S. Rehabilitación oral en paciente con alteración de la dimensión vertical oclusal aplicando un enfoque multidisciplinario. Rev Estomatol Herediana. [Internet]. 2018;28(1):44-55 [acceso: 12/05/2020]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1019-43552018000100006
16. Condori L. Microdureza superficial en dientes artificiales de cuatro capas. [Tesis para optar el título de Cirujano Dentista]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2017.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

Contribución de los autores

James Enrique Maylle Leon: Conceptualización, curación de datos, análisis formal, adquisición de fondos y recursos.

Jorge Girano Castaños: Curación de datos, investigación, metodología, administración del proyecto, supervisión, validación y redacción.

Raúl Rojas Ortega: Curación de datos, investigación, metodología, validación, visualización, borrador original y redacción.