

Eficiencia del método de polimerización con microondas en la rehabilitación por prótesis oculares individuales

Effectiveness of microwaves polymerization method in individual ocular prostheses rehabilitation

Yamel Maqueira Rodríguez^I, Anai García Fariñas^{II}, Alfredo Álvarez Rivero^{III}

^I Especialista de I Grado en Prótesis Estomatológicas. Doctor en Estomatología. Instructor. Facultad de Estomatología de La Habana, La Habana, Cuba.

^{II} Doctora en Ciencias de la Salud. Máster en Economía de la Salud. Licenciada en Ciencias Farmacéuticas. Investigador Agregado. Asistente. Escuela Nacional de Salud Pública, La Habana, Cuba.

^{III} Especialista de II Grado en Prótesis Estomatológicas. Doctor en Estomatología. Profesor Auxiliar. Facultad de Estomatología de La Habana, La Habana, Cuba.

RESUMEN

La polimerización con microondas es una nueva forma de llevar a cabo la confección de prótesis oculares individuales, sin embargo son aún insuficientes los estudios que exploren la eficiencia de este método. Se realizó una investigación para determinar el efecto de la polimerización con microondas en la eficiencia de la rehabilitación por prótesis oculares individuales. Se llevó a cabo un estudio de evaluación económica del tipo minimización de costos. Se comparó la polimerización tradicional simplificada con la polimerización por el método de microondas. Se consideraron para la efectividad el monómero residual, la deflexión transversal, la contracción lineal, la porosidad, la estabilidad del color, la resistencia al impacto, la dureza, la absorción de agua y la resistencia transversal. Se calcularon los costos médicos directos sobre la base de un modelo teórico para un paciente que requirió una prótesis ocular individual en el año 2006. Se documentó la igualdad de efectividad entre ambos métodos de polimerización. El costo teórico para un paciente que requirió una prótesis ocular individual fue de \$ 79,85 USD y \$ 70,07 USD por los métodos tradicionales y por microondas respectivamente. El método de polimerización con microondas ahorró en consumo de energía eléctrica y favoreció una mayor productividad de los recursos humanos, a la vez que incrementó la eficiencia.

Palabras clave: polimerización, costo, rehabilitación, prótesis oculares individuales.

ABSTRACT

Microwaves polymerization is a new method to design individual ocular prostheses; however, there is a lack of studies exploring the effectiveness of present method to determine the effect of the microwaves polymerization in relation to effectiveness of individual ocular prostheses rehabilitation. An economic evaluation study was conducted to minimize costs. The simplified traditional polymerization was compared with microwaves polymerization method. For residual monomer the effectiveness transverse deflection, linear contraction, porosity, color stability, impaction resistance, hardness, water absorption and transverse resistance were taken into account. The direct medical costs were estimated on the base of a theoretical model for a patient required an individual ocular prosthesis expressed in currency of 2006. Equality effectiveness of both polymerization methods was documented. Theoretical cost for a patient required an individual ocular prosthesis was of \$ 79.85 USD and of \$ 70.07 USD for the traditional and microwaves methods, respectively. The microwave polymerization method saves electric power consumption and favors a greater productivity of human resources while to increase the effectiveness.

Key words: polymerization, cost, rehabilitation, individual ocular prostheses.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad es un reto para la estomatología lograr un verdadero desarrollo integral que conduzca a una vida saludable. En Cuba, la estrategia sanitaria asumida luego del triunfo revolucionario incluyó el desarrollo de los servicios del tercer nivel de atención estomatológica, con vistas a satisfacer necesidades de la población más allá de los servicios básicos. Entre estos, los servicios de prótesis bucomaxilofacial han jugado y juegan un papel importantísimo en la rehabilitación de la población.

En Cuba antes de 1959, la prótesis bucomaxilofacial prácticamente no se realizaba, solo existían servicios de oftalmología en donde se colocaban prótesis oculares adaptadas a partir de conchas comerciales. Luego del triunfo de la Revolución se ha potenciado el desarrollo de este servicio. En los últimos 20 años se ha logrado un desarrollo comparable con países del mundo desarrollado en este campo.

En 1999, se inauguró la Red Nacional de Rehabilitación de la Cara y Prótesis Bucomaxilofacial. Entre 1999 y 2004 el mayor porcentaje de los pacientes llegados a este servicio, un 53,1 %, se correspondió con las lesiones de etiología traumática y de ellos entre el 77 % y el 79 % fueron por defectos oculares.¹

Los defectos oculares se caracterizan por la ausencia del globo ocular, pérdida o atrofia de este y conservación de tejidos adyacentes. Hasta la actualidad no existe ningún procedimiento quirúrgico rehabilitador para el reemplazo transplantológico del globo ocular, por tanto es necesario recurrir al tratamiento protésico. Para la confección de prótesis oculares se utilizan comúnmente materiales similares a los

empleados en las bases para dentaduras artificiales. Desde 1940, las bases para las dentaduras se han fabricado con el polimetacrilato de metilo y en la elaboración de las mismas se ha utilizado tradicionalmente la inducción de calor, a través de la curva de temperatura con baño termostático para el proceso de polimerización. El método tradicional de termocurado, como también se le conoce, consiste en aplicar calor a la resina a través de un baño en agua a diferentes temperaturas con distintos tiempos para cada una, hasta lograr su completa polimerización. El desarrollo tecnológico ha permitido la utilización de equipos como las polimerizadoras eléctricas, que facilitan la ejecución de este proceso, ya que agilizan y proporcionan condiciones que permiten un resultado más o menos estándar.

No obstante, con el paso de los años, la búsqueda incesante de nuevas formas más eficientes de llevar a cabo la confección de prótesis estomatológicas, trajo como consecuencia la introducción de la tecnología basada en microondas. El curado de resinas con microondas se reportó por primera vez por *Nishii*² en Japón, en 1968. Esta nueva alternativa tecnológica para la polimerización de prótesis estomatológicas se ha comenzado a introducir en la Red Nacional de Rehabilitación de la Cara y Prótesis Bucomáxilofacial, en particular en el servicio perteneciente al Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas (CIMEQ), el cual es un centro de referencia nacional. Los estudios que exploren lo relativo a la eficiencia a partir del empleo de uno u otro método para la polimerización de las prótesis oculares individuales, son aún insuficientes.

En la actualidad es una necesidad contar con evidencia científica de la relación recursos-resultados de las nuevas tecnologías que se introducen en los sistemas de salud, de cualquiera de los países de la región y en particular en Cuba, dado el contexto actual caracterizado por la revolución energética y la lucha por la eficiencia económica. Particularmente las tecnologías que se emplean para brindar los servicios de rehabilitación bucomáxilofacial, son por lo general costosas, de ahí que en muchos países la cobertura de estos servicios sea todavía insuficiente.

Las evaluaciones económicas han sido reconocidas como herramientas útiles para el apoyo del proceso de toma de decisiones en base a la eficiencia, con vistas a contribuir a la generalización de aquellas soluciones que garanticen una adecuada relación entre la calidad y los costos. Ante la posibilidad y voluntad del Ministerio de Salud Pública de Cuba de extender la tecnología de microonda para la polimerización de las prótesis en el país, se desarrolló esta investigación, con el objetivo de determinar el efecto del empleo del método de polimerización con microondas en la eficiencia de la rehabilitación por prótesis oculares individuales.

MÉTODO

Se realizó una evaluación económica del tipo minimización de costos. Se asumió la metodología de evaluaciones económicas de *Drummond y otros*,³ así como la Guía de Evaluación Económica para Cuba de *Gálvez*.⁴ Las alternativas comparadas fueron la polimerización tradicional simplificada y la polimerización por el método de microondas. La perspectiva del análisis fue institucional, debido a que el empleo de uno u otro método no afectó el esquema de tratamiento, por lo que se consideró que los gastos que tendrían que asumir los pacientes y su familia serían similares.

Como medidas de efectividad se consideraron el monómero residual según cantidad obtenida respecto al por ciento máximo aceptado de 2,2; la deflexión transversal según milímetros, corroborados respecto al máximo aceptado de 2,5; la contracción

lineal, la porosidad, la estabilidad del color, la resistencia al impacto, la dureza, la absorción de agua y la resistencia transversal. Estos aspectos fueron valorados para cada método de polimerización sobre la base de lo reportado en la literatura internacional, por no contarse con información para el contexto cubano, dado la reciente introducción de la técnica de polimerización con microondas. Se revisó la información libre de pago disponible en las bases de datos *Pubmed*, *Lilas*, *Hinari*, *Scielo* y *Elsevier*. La búsqueda se organizó a partir de las palabras clave: microondas, polimerización, curado de prótesis y resinas acrílicas.

Se calculó, a partir de un modelo teórico, el costo médico directo para un paciente tipo, que necesitó una prótesis ocular individual. El costo se expresó en pesos cubanos convertibles (CUC) del año 2006, lo que significa, para los gastos de las instituciones estatales la misma cantidad en dólares americanos (USD). El costo fue igual a la suma de los costos por recursos humanos, material gastable, equipos y consumo eléctrico. Par ambos métodos de polimerización se calculó la contribución de cada partida y se expresó como porcentaje respecto al total. Se asumió, en los casos necesarios, las tasas de cambio oficial del Ministerio de Finanzas y Precios vigente en cada año del periodo. No resultó necesario realizar el ajuste temporal de los costos.

Para identificar y describir cada actividad a realizar como parte del proceso de rehabilitación se entrevistaron 5 especialistas con más de 10 años de experiencia en esa actividad, dos de ellos trabajadores del Centro de Rehabilitación de la Cara y Prótesis Bucomaxilofacial, perteneciente al CIMEQ y tres de la Facultad de Estomatología de la Habana. Ambas instituciones pioneras y de referencia dentro de la red nacional para la introducción de la polimerización con microondas. Los especialistas, además, identificaron los recursos necesarios para cada actividad descrita, siempre sobre la base de las normas cubanas para los servicios estomatológicos. Se consideraron tanto los recursos comunes como los diferentes respecto al empleo de uno u otro método de polimerización.

El costo por recursos humanos se calculó a partir de la valoración del tiempo dedicado por cada uno de ellos al proceso de rehabilitación. El tiempo se definió a partir de las normas cubanas y de la experiencia de los especialistas antes mencionados. La valoración se realizó de acuerdo al salario de los mismos según la escala oficial en el país en el año 2006. Además se consideraron las erogaciones por concepto de vacaciones y el aporte a la seguridad social. El costo por material gastable fue igual a la suma de productos de la cantidad de cada material por el precio. Dado que las cantidades por prótesis ocular no están definidas en la norma cubana, se tomó un tercio de la necesaria para la confección de una prótesis dental, para la cual sí existen normas de consumo en el país. Esta decisión se tomó sobre la base de la consulta a los mencionados especialistas. Los precios de estos recursos se obtuvieron del registro oficial de la Dirección Nacional de Estomatología del Ministerio de Salud Pública.

El costo por equipos se calculó sobre la base del tiempo de uso de cada uno, multiplicado por la depreciación del mismo. Para la depreciación se consideró un tiempo de vida útil de 10 años, según estándares internacionales y se trabajó con el precio oficial de la Dirección Nacional de Estomatología del Ministerio de Salud Pública. Se asumió una tasa de depreciación constante. Los gastos en electricidad se determinaron a partir del tiempo de uso de los equipos, los *kilowats/h* consumido por cada equipo de polimerización y el precio establecido para las instituciones estatales presupuestas.

Los datos se recolectaron en una hoja de vaciamiento de datos que se confeccionó al efecto y posteriormente se procesó en la hoja de datos *Excel*. Se confeccionaron

tablas y figuras para la presentación de los resultados a través del programa ofimático *Word*.

RESULTADOS

En la tabla 1 se muestran los resultados productivos efectividad, reportados internacionalmente para cada método de polimerización. El costo médico directo para un paciente tipo que necesitó una prótesis ocular individual fue de \$ 79,85 CUC= \$ 79,85 USD, cuando se empleó como método de polimerización el tradicional y de \$ 70,07 CUC= \$ 70,07 USD, la rehabilitación con el empleo de polimerización con microondas. En la tabla 2 se muestra la contribución de cada una de las partidas evaluadas. Puede observarse que para ambos métodos la partida de mayor contribución fue el costo por instrumental, con aproximadamente el 70 % del costo total, seguida del costo por materiales. La tabla 2 además muestra que al emplear el método de polimerización con microondas se disminuyó el costo por recursos materiales e instrumentales, \$ 0,02 CUC (\$ 0,02 USD) y \$ 9,20 CUC (\$ 9,20 USD) respectivamente, a la vez que el costo por recursos humanos y gastos en electricidad mostraron una disminución, de 0,26 CUC y 0,30 CUC respectivamente (tabla 3).

Tabla 1. Características del resultado productivo según método de polimerización empleado

Características del resultado productivo	Rehabilitación		Referencias bibliográficas
	Tradicional	Microondas	
Monómero residual (Máx 2,20%)	1,30 %	1,01 %	6 al 14
Deflexión transversal (Máx 2,50mm)	2,17 mm	2,07 mm	
Contracción lineal	Menor contracción	Mayor contracción	
Porosidad	Porosidades similares en tipo y cantidad		
Estabilidad del color	Cambios apreciables del color	Mayor estabilidad del color a las 300 horas	9
Resistencia al impacto	Mayor resistencia	Menor resistencia	11,14
Dureza	Mayor dureza	Menor dureza	14,15
Absorción de agua	Menor absorción	Mayor absorción	15,16

Tabla 2. Costo total y por prótesis según métodos de polimerización, Centro de Rehabilitación de la Cara y Prótesis Bucomaxilofacial del Hospital CIMEQ. 1999-2006

Alternativas para la rehabilitación	Costo total (CUC= \$ USD)	Costo por prótesis (CUC= \$ USD)	Costo por paciente (CUC= \$ USD)
Tradicional	72 184,40	79,85	93,99
Microondas	76 866,79	70,07	72,11

Tabla 3. Costo por prótesis en pesos cubanos convertibles (CUC) según partidas y métodos de polimerización, Centro de Rehabilitación de la Cara y Prótesis Bucomaxilofacial del Hospital CIMEQ. 1999-2006

Partidas	Rehabilitación		Diferencia respecto al tradicional (CUC= \$ USD)
	Tradicional (CUC= \$ USD)	Microondas (CUC= \$ USD)	
Recursos Humanos	1,29	1,03	- 0,26
Materiales	20,50	20,48	- 0,02
Instrumental	57,75	48,55	- 9,20
Equipamiento	0,0015	0,0001	- 0,0014
Consumo eléctrico	0,31	0,01	- 0,30
Total	79,85	70,07	- 9,78

El presente estudio brindó información sobre el efecto del empleo de diferentes métodos de polimerización sobre la eficiencia de la rehabilitación por prótesis ocular individual. Los resultados encontrados mostraron igualdad en efectividad para ambos métodos y menor costo médico directo para un paciente tipo que necesitó una prótesis ocular individual, al aplicar el método de microondas, es decir mayor eficiencia. El costo aportado en este estudio puede ser tomado como referencia nacional en tanto fue calculado sobre la base de las normas nacionales del país.

DISCUSIÓN

*Phoenix y otros*⁵ en 2004, *Patil y otros*⁶ en 2009, *Çelebi y otros*⁷ y *Banerjee y otros*⁸ en 2010, encontraron que las resinas acrílicas curadas con microondas tenían, en sentido general, iguales o mejores propiedades mecánicas: dureza, resistencia al impacto y estabilidad del color, con menor monómero residual que aquellas polimerizadas por el método convencional.

En lo referente a la resistencia al impacto *Blagojevic y Murphy*⁹ en 1999 y *Azzarri y otros*¹⁰ en el 2003, mostraron que los métodos de polimerización interfieren en la resistencia al impacto de las resinas acrílicas y que es mayor en aquellas curadas por el método por microondas. *Yannikakis y otros*¹¹ en un estudio publicado en el año 2002, plantearon que las porosidades pueden aparecer en la polimerización con microondas tanto como con el método tradicional en un ciclo de 2 horas. Con ambas técnicas se obtuvo similares resultados pero con muy baja cantidad de porosidades: el 75 % de las superficies de una y otra resina libre de poros y un 81 % de los poros localizados hacia el centro en ambas resinas. En 2004, este resultado fue corroborado por *Compagnoni y otros*,¹² los cuales plantearon que en las resinas acrílicas diseñadas para la polimerización con microondas las porosidades encontradas fueron similares en tipo y cantidad a las encontradas en aquellas que fueron diseñadas para ser polimerizadas por el método convencional.

*Azzarri y otros*¹⁰ en el 2003 reportaron en cuanto a la dureza, que existe consenso entre varios autores de que no hay diferencias significativas entre las resinas acrílicas polimerizadas con microondas o por el método tradicional. *Moreira da Silva, Bindo y otros*¹³ en 2009, reportaron que respecto a la absorción de agua, las resinas polimerizadas por microondas presentan mayor absorción que aquellas que se polimerizan por el método tradicional.

Por ser esta investigación la primera experiencia en Cuba que aborda el tema de los costos de las alternativas de rehabilitación con diferentes técnicas de polimerización, no fue posible hacer una comparación de los resultados obtenidos con estudios anteriores en el plano nacional. En el ámbito internacional si bien el uso de la técnica de polimerización con microondas se ha visto incrementado en los últimos años, tampoco se encontraron publicaciones científicas de estudios similares a este. Para ambos métodos de rehabilitación estudiados, se apreció menor aporte de los costos por recursos humanos, en comparación con estudios previos¹⁴⁻¹⁶ que exploraron la composición de los costos en el Sistema de Salud cubano en otras actividades, no del tipo estomatológicas. En el contexto de los servicios estomatológicos ya ha sido mencionado el reto que representan las nuevas tecnologías sobre todo desde la perspectiva de los costos por su alto precio¹⁷ así como la necesidad de contar con un número extenso de materiales además de los recursos humanos para lograr brindar el servicio estomatológico.¹⁸

De ahí que no sea absurdo el resultado encontrado en este trabajo en el que se mostró un desplazamiento de la contribución del costo de recursos humanos al costo total por aquellos debidos a equipamiento, instrumental y materiales gastables. Por otra parte, haber encontrado una disminución del costo para los recursos humanos al emplear el método de microondas apunta hacia la potencialidad del mismo para incrementar la productividad. El sustento de este resultado demostró que con esta técnica es necesario dedicar mucho menos tiempo de trabajo de los diferentes especialistas y técnicos para la confección de cada prótesis. Dado que la cantidad de prótesis que se pueden confeccionar en una jornada laboral de ocho horas por el método de microondas es cuantitativamente superior. La rehabilitación protésica que utiliza esta alternativa de polimerización está mejor preparada para satisfacer una mayor demanda de prótesis oculares individuales.

En general, las evidencias aportadas son de crucial importancia para Cuba y pueden ser de utilidad para otros países de la región, en tanto el uso racional de los recursos, es decir el incremento de la producción, la productividad y la eficiencia son premisas de la excelencia de los servicios de salud. En el área de la salud bucal estas palabras se traducen en la búsqueda e introducción de procesos y tecnologías sanitarias que permitan dar respuesta a una mayor demanda de la población, a la vez que se garantiza la calidad técnica, para que finalmente se logre la mejor relación recursos empleados-resultados alcanzados.

Los resultados de este estudio sobre el costo médico directo para un paciente tipo, sugieren que el método de polimerización con microondas es una alternativa que ahorra consumo de energía eléctrica y favorece una mayor productividad de los recursos humanos. A la vez, incrementa los niveles de eficiencia de la rehabilitación ocular respecto al método tradicional simplificado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sardiña Alayón SE, Pérez Leyva ME. Resultados de la Red Nacional de Rehabilitación de la Cara y Prótesis Bucomaxilofacial. Segundo año del sistema estadístico. Dirección Nacional de Estomatología; 2003. p. 1.
2. Nishii M. Studies on the curing of denture base resins with microwave irradiation: with particular reference to heat-curing resins. Journal of Osaka University Dental School Osaka. 1968;2:23-40.

3. Drummon MF, Stoddart GL, Torrance GW. Métodos para la evaluación económica de los programas de atención de la salud. New York: Oxford University Press Inc.; 2005.
4. Gálvez González AM. Guía metodológica para la evaluación económica en salud, Cuba, 2003. Rev Cub Salud Pública. 2004; 30(1). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662004000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
5. Phoenix RD, Mansueto MA, Ackerman NA, Jones RE. Evaluation of mechanical and thermal properties of commonly used denture base resins. J Prosthodont. 2004;13(1):17-27.
6. Patil PS, Chowdhary R, Mandokar RB. Effect of microwave postpolymerization treatment on residual monomer content and the flexural strength of autopolymerizing relined resin. Indian J Dent Res. 2009;20:293-7.
7. Çelebi N, Yüzügüllü B, Canay S, Yücel Ü. Effect of polymerization methods on the residual monomer level of acrylic resin denture base polymers. Polymers for Advanced Technologies. 2008;19(3):201-6.
8. Banerjee R, Banerjee S, Prabhudesai PS, Bhide SV. Influence of the processing technique on the flexural fatigue strength of denture base resins: An *in vitro* investigation. Indian J Dent Res. 2010;21:391-5.
9. Blagojevic V, Murphy VM. Microwave polymerization of denture base materials. A comparative study. Journal of Oral Rehabilitation. 1999;26(10):804-8.
10. Azzarri MJ, Cortizo MS, Alessandrini JL. Effect of the curing conditions on the properties of an acrylic denture base resin microwave-polymerised. J Dent. 2003; 31(7):463-8.
11. Yannikakis S, Zissis A, Polyzois G, Andreopoulos A. Evaluation of porosity in microwave-processed acrylic resin using a photographic method. J Prosthet Dent. 2002;87(6):613-9.
12. Compagnoni MA, Barbosa DB, de Souza RF, Pero AC. The effect of polymerization cycles on porosity of microwave-processed denture base resin. J Prosthet Dent. 2004;91(3):281-5.
13. Bindo Márcio JF, Nakamae Atlas EM, de Brito Santos L, Hitomi Ishikawa K, de Carvalho Guarnieri T, Tamaki R. Study of the surface hardness and modulus of elasticity of conventional and microwave-cured acrylic resins. Braz Oral Res. [serie en Internet]. 2009 [citado: 5 oct 2010]; 23(1): 68-75. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-83242009000100012&lng=en
14. Peralta Pérez M, Gálvez González AM, González Ochoa E. Costs estimation of tuberculosis cases detection: La Habana Vieja Municipality, Cuba. 2002. Rev Esp Salud Publica. [serie en Internet]. 2007 [citado: 5 oct 2010]; 81(2): 201-9. Disponible en: http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272007000200010&lng=en. doi: 10.1590/S1135-57272007000200010
15. García Fariñas A, Barroso Utrá I, Rodríguez Salvá A, Pol De Vos, Van der Stuyft P, Bonet Gorbea M. Costos directos del ingreso en el hogar en Cuba. Rev Cubana Salud Pública [serie en Internet]. 2008 [citado: 5 oct 2010]; 34(1). Disponible en:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662008000100014&lng=en

16. Fernández García A, Gálvez González AM, Castillo Guzmán A. Institutional cost of acute myocardial infarction at the Institute of Cardiology and Cardiovascular Surgery. Rev Cubana Salud Pública [revista en Internet]. 2008 [citado: 5 oct 2010]; 34(4). Disponible en:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662008000400006&lng=es

17. Véliz Águila Z, Pentón García V, Prado Lemus B, Noriega Cabrera I, Brunet Herrera L, Sueiro Sánchez I. La salud estomatológica y la tecnología. Aportes y contradicciones. MediSur [revista en Internet]. 2010 [citado: 20 oct 2010]; 8(3). Disponible en:

<http://www.medisur.sld.cu/index.php/medisur/article/viewArticle/925/134>

18. Chaviano Moreno M, Sánchez Delgado Z, García Fariñas A. Niveles de eficiencia en las clínicas estomatológicas en Matanzas, Cuba. Revista Cubana de Salud Pública. 2009;35(4):117-27.

Recibido: 4 de enero de 2011.

Aprobado: 21 de enero de 2011.

Dr. *Yamel Maqueira Rodríguez*. Facultad de Estomatología de La Habana, La Habana, Cuba. E-mail: yamel.maqueira@infomed.sld.cu