

Polimetilmetacrilato, una alternativa viable para la fabricación de prótesis craneal Polymethylmethacrylate, a Viable Alternative for Cranial Prostheses

Parra-Castañeda R¹, J. Rivera-Gonzaga A², Ancona-Meza AL³, Monjarás Ávila AJ⁴, López Morales S⁵, Zamarripa Calderón JE⁶

Abstract:

Termocurable Polymethyl methacrylate (PMMA) used in cranial reconstructions is observed with favourable experiences, data on the release of residual monomer and its interaction on tissue level have been reported in Scientific Reports, demonstrating null processes of inflammation either by, interaction of lysosomes of bone cells or some other cell line. However, an incorrect polymerization process and its elaboration, will make the release of residual monomer higher, and thus be affected patient's health.

Keywords:

Polymethyl methacrylate, characterized, cranioplasties

Resumen:

El uso de Polimetil metacrilato (PMMA) termocurable en reconstrucciones craneales se observa con experiencias favorables, se ha reportado en la literatura datos sobre la liberación de monómero residual y su interacción a nivel tisular, demostrando nulos procesos de inflamación ya sea por interacción de lisosomas de células óseas o alguna otra línea celular. Sin embargo, un incorrecto proceso de polimerización y elaboración de la misma, hará que la liberación de monómero residual sea mayor, perjudicando así la salud del paciente.

Palabras Clave:

Polimetilmetacrilato, caracterizado, craneopatías

Craneotomía y craneoplastia

La craneotomía descompresiva ha sido la única alternativa terapéutica de la neurocirugía y se continúa empleando como un efectivo método para controlar la hipertensión intracraneal. Ante el aumento de la hipertensión intracraneal, se realiza el manejo médico con la medición de la presión intracraneal. Pero cuando evoluciona a un deterioro neurológico se utiliza la

alternativa quirúrgica: la craneotomía descompresiva con plastia de duramadre (1).

Las indicaciones para realizar una reparación del defecto óseo son la protección del cerebro principalmente, así como factores estéticos, fisiológicos y psicológicos. Así mismo resulta aún controversial los distintos materiales a emplear en la craneoplastia que varían desde el mismo hueso, hueso autólogo, materiales metálicos,

¹ Alumna de la Licenciatura en Cirujano Dentista, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias de la Salud, México, Email: an342792@uaeh.edu.mx

² Profesor Investigador de Tiempo Completo, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias de la Salud, Área Académica de Odontología, México ORCID 0000-0001-6496-4659 Email: jose_rivera10098@uaeh.edu.mx

³ Profesora por asignatura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias de la Salud, Área Académica de Odontología, México, Email: ancona@uaeh.edu.mx

⁴ Profesora Investigadora de Tiempo Completo, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias de la Salud, Área Académica de Odontología, México ORCID 0000-0002-5916-6510 Email: ana_monjaras@uaeh.edu.mx

⁵ Investigador del Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México, México, Email: slm@iim.unam.mx

⁶ Profesor Investigador de Tiempo Completo, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias de la Salud, Área Académica de Odontología, México ORCID 0000-0001-5830-5550 Email: eliezerz@uaeh.edu.mx

metilmetacrilato, entre otros. Se sugiere realizarla de manera tardía, sobretodo en antecedentes de hipertensión intracraneal (1,2)

Bibliografía detallada sugiere una craneoplastía retrasada de hasta 6 meses con datos de infección preoperatoria. Actualmente existe controversia por las alteraciones secundarias a la craneotomía del paciente y que mejoran su sintomatología posterior a la craneoplastía (3).

El síndrome del paciente craneotomizado se denomina a un conjunto de síntomas como son mareo, astenia, insomnio, incapacidad para concentrarse, depresión y ansiedad. Se considera que este síndrome no tiene relación con el tamaño y localización del defecto óseo. La literatura establece que una craneoplastía puede mejorar estos síntomas en el paciente, otorgando protección a áreas vulnerables (4).

Existe literatura sobre el uso polimetilmetacrilato en craneoplastías describiendo sus características, uso, y aplicaciones; destacando tres principales ventajas: la fácil colocación que coadyuva en un menor tiempo quirúrgico y por consiguiente un mejor postoperatorio para el paciente, los efectos adversos mínimos que presentan los pacientes portadores, y lo económico que resulta utilizarlo, siendo esto una gran ventaja, ya que el emplear titanio como material craneoplástico, eleva demasiado el costo quirúrgico; sin embargo aún existe controversia por considerarlo un material plástico, de dudosa en dureza y fractura, aunque exista literatura que han hecho comparaciones con otros materiales tales como, cristales de hidroxiapatita, PEEK, y hueso autólogo, con resultados aceptables, pero se consideran poco viables por su elevado costo al emplearlos.(2,5,6)

Hoy en día, el empleo de titanio por parte de los neurocirujanos es más cotidiano, ya que existe vasta bibliografía que demuestra su uso y en gran parte las casas comerciales han hecho una mercadotecnia enfocada a una solución “eficiente”, dejando a un lado el aspecto económico de los pacientes, ya que su elevado costo hace que en muchos de los casos los pacientes no puedan pagarlo; adicionando que aún falta por transcurrir tiempo para poder afirmar que el empleo de titanio en pacientes craneotomizados está garantizado.(6–8)

El PMMA es un material que muestra mejores propiedades físicas, mecánicas y biológicas, este es un plástico duro, resistente, transparente, de excelentes propiedades ópticas con alto índice de refracción, buena resistencia al envejecimiento y a la intemperie. Su resistencia a la rotura es siete veces superior a la del cristal a igualdad de espesores, por lo que resulta más resistente a los golpes (9).

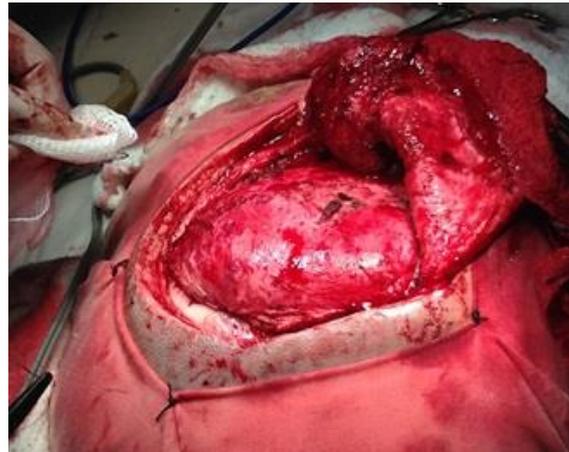


Imagen 1: Procedimiento de craneotomía



Imagen 2: Defecto provocado por craneotomía

Polimetilmetacrilato (PMMA)

Generalidades

La historia sobre el uso del PMMA inicia en 1843, cuando fue creado el primer ácido acrílico, posteriormente en el año de 1865 se formula el primer acrílico, derivado del ácido metacrílico. La reacción entre ácido metacrílico y el metanol da como resultado el éster metacrilato de metilo (9).

En el año de 1877, el químico alemán Wilhem Rudolph Fittig descubrió el proceso de polimerización que convierte el metil-metacrilato en polimetilmetacrilato. En 1901 el también alemán Otto Rohm publica en su tesis doctoral que había producido un polímero sólido transparente derivado del ácido acrílico. Sin embargo, no fue hasta

1927 cuando Rohm y Hass, produjeron Acryloid y Plexigum, ambos derivados del polimetilmetacrilato, para crear vidrios de alta seguridad (10).

Es así como a principios de los 40's el polimetilmetacrilato se utilizó durante la Segunda Guerra Mundial para periscopios de los submarinos, parabrisas de autos militares y en torretas de aviones. Cabe destacar que en las lesiones producidas por fragmentos de polimetilmetacrilato en los ojos de los pilotos, eran más favorables a sanar que a los heridos por vidrios estándar, esto dado por su alta biocompatibilidad con tejidos humanos (10).

El PMMA es un material empleado en la actualidad en la industria, y en ciencias médicas, como prótesis y dispositivos aplicados a la nanotecnología. Su fácil manipulación, elaboración, y experiencia comprobada, lo colocan como principal material en la elaboración de prótesis (11,12).

Los materiales elaborados con este polímero, se suministran de manera convencional, en forma de dos componentes físicos, el monómero líquido (metacrilato de metilo) que, al mezclarse con el polímero, que se presenta en forma de polvo (polimetilmetacrilato), da como resultado el polimetilmetacrilato deseado para las bases de dentaduras (9).

En la odontología es el material más común utilizado para la fabricación de las prótesis totales, placas de ortodoncia entre otros (13).

Caracterizado.

Casi todas las resinas acrílicas protésicas consisten en la incorporación de poli metil-metacrilato y copolímeros adicionales. Las resinas acrílicas autopolimerizantes tienen la ventaja de fácil manejo, pero presentan mayores niveles de monómeros residuales con comparación con las resinas acrílicas polimerizadas por calor. Estas mismas resinas acrílicas presentan altos niveles a la fatiga evitando deformaciones plásticas y tolerar frecuentes cargas masticatorias. La baja capacidad de conducir temperaturas del polimetilmetacrilato hace que la aceptación de la prótesis por parte del paciente sea compleja, pero al mismo tiempo factible al ser diseñada con algún fin. Para que un acrílico pueda ser útil debe tener cualidades excepcionales en cuanto a estabilidad química dimensional, y poseer propiedades que le permitan un tratamiento relativamente sencillo, deberá ser fuerte y dura, pero no frágil. Para poder caracterizar un material en particular, será necesario tener información sobre sus propiedades tanto físicas como mecánicas, considerando los lineamientos establecidos en la Norma ISO 1567:1999 (14–16).

Las propiedades físicas y mecánicas son críticas para un ajuste y buen funcionamiento de las prótesis, las características físicas de mayor interés son la contracción de polimerización, la porosidad, la absorción de agua, la solubilidad, y las tensiones del procesado y el agrietamiento. Dentro de las características mecánicas encontramos la resistencia al impacto, resistencia a la flexión y dureza. (14)

La resistencia a la fractura de las prótesis de PMMA depende, entre otros factores, de la resistencia a la flexión y la resistencia al impacto. Esta resistencia a la flexión muestra un rendimiento del material bajo condiciones de carga estática mientras que la segunda implica la prueba bajo carga dinámica otorgando una medida de la energía absorbida por el material antes de la fractura. Ambas propiedades solo se correlacionarían directamente con los materiales en los que el rango elástico se extendía hasta el punto de fractura y donde las propiedades visco elásticas no eran dependientes de la velocidad de deformación (17).

Una de las propiedades del PMMA es la absorción y liberación de agua, causando inestabilidad dimensional, ocasionando a que el material sufra tensiones internas que puedan producir formación de grietas y, finalmente la fractura del mismo. Por lo tanto, la sorción y la solubilidad del PMMA deberá ser lo más baja posible. Existe documentación que señala una correlación entre monómero residual y la sorción de agua. Si el monómero residual está presente, se produce menos conversión de monómero y puede resultar en una mayor sorción y solubilidad. Diversos estudios demuestran que el tiempo de polimerización prolongado da como resultado polímeros más largos, de modo que se obtuvo una absorción, solubilidad y monómero residual reducidos. Cuanto más homogéneo es un material, menos agua absorbe y menos soluble se comporta (18,19).

La polimerización de PMMA se puede iniciar de diferentes maneras: por descomposición de peróxido de benzoilo con calor, por activación química usando material tal como dimetil-p-toluidina, por luz visible o energía de microondas. La polimerización de PMMA por calor puede verse afectada por una variedad de parámetros de tiempo y temperatura, y a pesar de los diversos métodos de polimerización, la conversión de monómeros en polímeros no es completa, y quedan algunos monómeros sin reaccionar, llamados monómeros residuales en el PMMA. Todas las resinas acrílicas contienen niveles variables de monómeros residuales, dependiendo de las condiciones ambientales y de la eficiencia de la transferencia de calor (20).

Las resinas acrílicas autopolimerizables tienen la ventaja de fácil manejo, presentan mayores niveles de monómeros residuales con comparación con las resinas

acrílicas polimerizadas por calor. Sin embargo, estas resinas acrílicas presentan altos niveles a la fatiga para evitar deformaciones plásticas y tolerar frecuentes cargas masticatorias. La baja capacidad de conducir temperaturas del poli metil-metacrilato hace que la aceptación de la prótesis por parte del paciente sea compleja. (21,22)

El monómero residual ha sido implicado como un irritante primario y un sensibilizador que puede causar una reacción alérgica tanto en la piel como en la mucosa oral. Varias técnicas tales como espectroscopia infrarroja, cromatografía de gases, cromatografía de gas-líquido, la cromatografía líquida de alto rendimiento y la espectrofotometría ultravioleta se han utilizado para detectar el contenido de monómero residual en resinas acrílicas (23).

Casi todas las resinas acrílicas protésicas consisten en la incorporación de poli metil-metacrilato y copolímeros adicionales. Las resinas acrílicas autopolimerizantes tienen la ventaja de fácil manejo, presentan mayores niveles de monómeros residuales con comparación con las resinas acrílicas polimerizadas por calor. Estas resinas acrílicas presentan altos niveles a la fatiga para evitar deformaciones plásticas y tolerar frecuentes cargas masticatorias. La baja capacidad de conducir temperaturas del poli metil-metacrilato hace que la aceptación de la prótesis por parte del paciente sea compleja (21,22).

La adición de rellenos y fibras al PMMA es un método comúnmente usado para mejorar tanto sus propiedades físicas como mecánicas propiedades (13). Con los avances de la nanotecnología se abren más oportunidades para luchar y prevenir enfermedades mediante la adaptación a escala atómica de materiales. La bionanotecnología ha surgido como una integración entre la biotecnología y la nanotecnología para el desarrollo de tecnología biocinética y amigable con el medio ambiente para la síntesis de nanomateriales (24).

Estudios recientes se observan avances en la nanotecnología, se han realizado diversos intentos para poder incorporar partículas de distintos materiales para mejorar sus propiedades y su comportamiento dentro del organismo, logrando mejora en sus propiedades físicas como mecánicas (25).

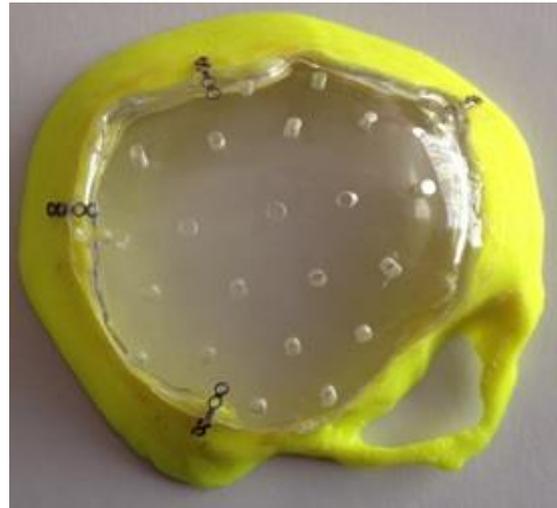


Imagen 3: Fabricación de prótesis craneal



Imagen 4: Colocación de prótesis craneal

Conclusiones

La importancia de una investigación ofrecerá a los pacientes craniectomizados una alternativa superior ante los materiales ya empleados, ya que ninguno ofrece en conjunto tres características principales: menor citotoxicidad celular, efecto bacteriostático y el bajo costo. Esto favorecería su empleo en sociedades de nivel socioeconómico bajo y medio, que en lo general son estas personas las que se encuentran expuestas a traumatismos craneales, enfermedades sistémicas, malos hábitos alimenticios, y que favorezcan a hematomas epidurales resultando en pacientes craniectomizados

Referencias

1. Terrazo-Lluch J, Revuelta-Gutiérrez R, Soto-Hernández JL, Mateos-Gómez H. Efecto de la craneoplastia realizada de manera temprana en pacientes adultos craneotomizados con déficit neurológico residual. *Arch neurociencias (México, DF)*. 2005;10(2):66-73.
2. Brommeland T, Rydning PN, Pripp AH, Helseth E. Cranioplasty complications and risk factors associated with bone flap resorption. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2015;23(1):75.
3. Kumar AR, Bradley JP, Harshbarger R, Stevens F, Bell R, Moores L, et al. Warfare-related craniectomy defect reconstruction: early success using custom allopast implants. *Plast Reconstr Surg*. 2011 Mar;127(3):1279-87.
4. Shah AM, Jung H, Skirboll S. Materials used in cranioplasty: a history and analysis. *Neurosurg Focus*. 2014 Apr;36(4):E19.
5. Rotaru H, Stan H, Florian IS, Schumacher R, Park YT, Kim SG, et al. Cranioplasty with custom-made implants: Analyzing the cases of 10 patients. *J Oral Maxillofac Surg*. 2012 Feb;70(2):e169-76.
6. Feroze AH, Walmsley GG, Choudhri O, Lorenz HP, Grant GA, Edwards MSB. Evolution of cranioplasty techniques in neurosurgery: historical review, pediatric considerations, and current trends. *J Neurosurg*. 2015 Oct;123(4):1098-107.
7. Khader BA, Towler MR. Materials and techniques used in cranioplasty fixation: A review. *Mater Sci Eng C*. 2016 Sep;66:315-22.
8. Frazer RQ, Byron RT, Osborne PB, West KP. PMMA: An Essential Material in Medicine and Dentistry. *J Long Term Eff Med Implants*. 2005;15(6):629-39.
9. Gilmour D. The right chemistry. *MER - Mar Eng Rev*. Doubleday Canada; 2006;(SEPT.):28.
10. Rueggeberg FA. From vulcanite to vinyl, a history of resins in restorative dentistry. *J Prosthet Dent*. 2002 Apr;87(4):364-79.
11. Solórzano-Lemus F, Venegas-Lancón RD, Moreno-Maldonado V L-MS. Determinación de monómero residual de metacrilato de metilo en 3 diferentes marcas comerciales para base de dentaduras por cromatografía de gases. *Rev Odontológica Mex*. 2010;14(2):91-8.
12. Pawar E. A Review Article on Acrylic PMMA. *IOSR J Mech Civ Eng*. 2016;13(2):1-4.
13. Gad MM, Fouda SM, Al-Harbi FA, Nápänkangas R, Raustia A. PMMA denture base material enhancement: A review of fiber, filler, and nanofiller addition. Vol. 12, *International Journal of Nanomedicine*. 2017. p. 3801-12.
14. Phillips. *Ciencia de los materiales dentales*. Anusavice Elsevier. 2004. p. 34.
15. Hamed-Rad F, Ghaffari T, Rezaei F, Ramazani A. Effect of nanosilver on thermal and mechanical properties of acrylic base complete dentures. *J Dent (Tehran)*. 2014 Sep;11(5):495-505.
16. Koroğlu A, Şahin O, Kürkçüoğlu I, Dede DÖ, Özdemir T, Hazer B. Silver nanoparticle incorporation effect on mechanical and thermal properties of denture base acrylic resins. *J Appl Oral Sci*. 2016 Dec;24(6):590-6.
17. Gupta A, Tewari R. Evaluation and comparison of transverse and impact strength of different high strength denture base resins. *Indian J Dent Res*. Medknow Publications and Media Pvt. Ltd.; 2016;27(1):61.
18. Akin H, Tugut F, Polat ZA. In Vitro Comparison of the Cytotoxicity and Water Sorption of Two Different Denture Base Systems. *J Prosthodont*. 2015 Feb;24(2):152-5.
19. Pfeiffer P, Rosenbauer E-U. Residual methyl methacrylate monomer, water sorption, and water solubility of hypoallergenic denture base materials. *J Prosthet Dent*. 2004 Jul;92(1):72-8.
20. Gad MM, Fouda SM, ArRejaie AS, Al-Thobity AM. Comparative Effect of Different Polymerization Techniques on the Flexural and Surface Properties of Acrylic Denture Bases. *J Prosthodont*. 2017 May;
21. Sodagar A, Kassae MZ, Akhavan A, Javadi N, Arab S, Kharazifard MJ. Effect of silver nano particles on flexural strength of acrylic resins. *J Prosthodont Res*. 2012 Apr;56(2):120-4.
22. Ghaffari T, Barzegar A, Hamed Rad F, Moslehifard E. Effect of Nanoclay on Thermal Conductivity and Flexural Strength of Polymethyl Methacrylate Acrylic Resin. *J Dent*. 2016 Jun;17(2):121-7.
23. Danesh G, Hellak T, Reinhardt K-J, Végh A, Schäfer E, Lippold C. Elution characteristics of residual monomers in different light- and auto-curing resins. *Exp Toxicol Pathol*. 2012 Nov;64(7-8):867-72.
24. Rai M, Yadav A, Gade A. Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. Vol. 27, *Biotechnology Advances*. 2009. p. 76-83.
25. Gad MM, Rahoma A, Al-Thobity AM, ArRejaie AS. Influence of incorporation of ZrO2 nanoparticles on the repair strength of polymethyl methacrylate denture bases. *Int J Nanomedicine*. 2016;11:5633-43.