

Efecto de dos Fuentes de Calor en la Microdureza Superficial del Ionómero de Vidrio

Effect of Two Heat Sources on the Surface Microhardness of Glass Ionomer Cement

Carola Nolazco-Soto¹; Eduardo Quea-Cahuana¹; Lilia Inés Mori-Guerrero¹;
Silvana Anduaga-Lescano¹ & Carlos Cava-Vergiu¹

NOLAZCO-SOTO, C.; QUEA-CAHUANA, E.; MORI-GUERRERO, L. I.; ANDUAGA-LESCANO, S. & CAVA-VERGIU, C.
Manejo de fractura mandibular por herida de proyectil balístico: enfoque quirúrgico de urgencia. *Int. J. Odontostomat.*,
19(4):399-403, 2025.

RESUMEN: El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de dos fuentes de calor en la microdureza superficial del ionómero de vidrio. Se diseñó un estudio experimental *in vitro*, donde 60 bloques de ionómero de vidrio (GC Equia Forte) fueron divididos en 3 grupos: sin aplicación de calor (n=20), calentamiento en agua temperada (n=20), calentamiento con lámpara de diodo emisor de luz (LED) (n=20). Las muestras se mantuvieron en agua destilada a 37 °C y luego de 24 horas se midió la microdureza Vicker. Los resultados indicaron que hubo un aumento significativo de la microdureza luego de la aplicación de calor con lámpara LED respecto al grupo control ($p=0,000$) y al grupo con calentamiento en agua temperada ($p=0,000$). Por otro lado, no se evidenció diferencias estadísticamente significativas entre el calentamiento con agua temperada y el grupo al que no se le aplicó calor ($p=0,915$). Se concluyó que la aplicación de calor con lámpara LED aumentó de forma significativa la microdureza del ionómero de vidrio, sin embargo, el precalentamiento con agua temperada no generó cambios en el material.

PALABRAS CLAVE: Cemento ionómero de vidrio, microdureza, calor radiante, temperatura.

INTRODUCCIÓN

El cemento de ionómero de vidrio (CIV) ha sido empleado por muchos años como material restaurador debido a sus múltiples ventajas como la liberación y captación constante de iones de fluoruro en la cavidad oral (Nicholson *et al.*, 2023), mejorando la resistencia de la pieza dental frente a la acción de la caries (Ge *et al.*, 2022). Sin embargo, durante el fraguado inicial del material, debido a la incompleta reacción química y a la susceptibilidad al agua, se generan superficies porosas y frágiles favoreciendo la formación de grietas que comprometen las propiedades de resistencia al desgaste superficial, rugosidad, y una baja resistencia a la fractura (Kurt *et al.*, 2024), por lo que, su uso en zonas de alto estrés no es recomendado (Murugan *et al.*, 2022).

Debido a las desventajas mencionadas, los CIV han experimentado modificaciones tanto en su composición como en sus técnicas de manipulación, con el objetivo de mejorar sus propiedades mecánicas. En

este contexto, han surgido diversas variantes como los ionómeros modificados con resina, fluorapatita, hidroxiapatita, fibra de vidrio, zirconio, entre otros (Kukreja *et al.*, 2022; Murugan *et al.*, 2022; Sari & Ugurlu, 2023). Además, algunas investigaciones han propuesto incrementar su microdureza mediante la aplicación de calor, el cual, al transferir energía cinética a las moléculas del CIV, acelera su fraguado, disminuye la susceptibilidad a la contaminación temprana por humedad, mejora la interfaz adhesiva y preserva la integridad marginal con la estructura dentaria (Kurt *et al.*, 2024).

Para promover esta aceleración del fraguado, varios estudios (O'Brien *et al.*, 2010; Lopes *et al.*, 2020) han empleado diversos métodos de transferencia de calor, como el uso de fuentes de luz, la aplicación de ultrasonido y el precalentamiento de la mezcla del CIV mediante agua temperada. Considerando estos antecedentes, el presente estudio tiene como objetivo

evaluar el efecto de dos fuentes de calor sobre la microdureza superficial del ionómero de vidrio. La hipótesis nula planteó que no existirían diferencias estadísticamente significativas en la microdureza entre las fuentes de calor evaluadas y el grupo control.

MATERIAL Y MÉTODO

Se desarrolló un estudio experimental *in vitro*, en el cual el tamaño de la muestra se calculó mediante la fórmula para comparación de medias, considerando un poder estadístico del 80 %, la diferencia mínima detectable y la desviación estándar reportadas en un estudio de referencia (O'Brien *et al.*, 2010). Tras el ajuste por posibles pérdidas, se determinó un total de 20 especímenes por grupo. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Martín de Porres, bajo el registro 002-2022-CEI/FO-USMP.

Los bloques de ionómero de vidrio se asignaron a tres grupos experimentales: grupo control: sin aplicación de calor ($n=20$), grupo con precalentamiento en agua temperada ($n=20$) y grupo con calentamiento mediante lámpara de diodo emisor de luz (LED) ($n=20$). Se excluyeron aquellos especímenes que presentaran irregularidades superficiales o cuyas caras no fueran paralelas, garantizando así la uniformidad y comparabilidad de las muestras.

Confección de los especímenes

a) Grupo control – Sin aplicación de una fuente de calor: El ionómero de vidrio utilizado en este estudio fue GC Equia Forte (lote: 2109114, GC, Tokio, Japón), suministrado en cápsulas. Para la confección de las muestras se emplearon moldes metálicos cilíndricos de 5 mm de diámetro por 2 mm de espesor. Las cápsulas fueron activadas y mezcladas en un mezclador automático (Ultramat 2, SDI North America, Inc.) durante 10 s. A continuación, el material fue cargado en la pistola dispensadora incluida en el kit e inyectado cuidadosamente en el interior del molde. Tras la colocación del último incremento, se situó una matriz de celuloide sobre el material y se aplicó una lámina de vidrio bajo ligera presión, con el fin de obtener una superficie lisa y homogénea. Despues de transcurridos 2 min desde el inicio del fraguado, se retiraron los excesos utilizando discos Sof-Lex™ (3M ESPE, EE. UU.), asegurando así la uniformidad y la calidad superficial de las muestras.

- b) Grupo con aplicación de calor mediante baño de agua temperada: Antes de la mezcla, las cápsulas de CIV fueron precalentadas sumergiéndolas en un baño María sobre una rejilla metálica (Memmert, Alemania) a una temperatura constante de 40 ± 1 °C durante 60 s. Posteriormente, el material fue manipulado siguiendo los mismos pasos descritos para el grupo control, garantizando así la uniformidad en la preparación de las muestras.
- c) Grupo con aplicación de calor radiante mediante una fuente de luz con lámpara LED: Tras seguir los procedimientos descritos para el grupo estándar y luego de colocar el CIV en los moldes metálicos, se aplicó una fuente de calor radiante mediante una lámpara de diodo emisor de luz (LED) (Woodpecker LED, E-Medical Instrument Co., Guilin, China) durante 60 s. La punta de la lámpara se ubicó a una distancia de 0,5 mm del material, y la intensidad de la luz se verificó previamente con un radiómetro (LM-1, Woodpecker, Guilin, China), asegurando un rango de 1000-1200 mW/cm². Todos los procedimientos fueron ejecutados por un único operador. Posteriormente, las muestras de los 3 grupos se almacenaron en agua destilada y se incubaron a 37 °C durante 24 h antes de realizar el ensayo de micro dureza superficial.

Medición de la microdureza superficial. La microdureza superficial se evaluó utilizando un indentador Vickers (LG HV-1000) con una carga de 50 g aplicada durante 10 s. En la superficie de cada muestra se realizaron 3 indentaciones centradas en la zona media (**Fig. 1**), las cuales fueron posteriormente medidas mediante el microscopio óptico integrado al durómetro. El valor final de micro dureza Vickers (VHN) de cada muestra se calculó como el promedio de las tres mediciones obtenidas.

Ánálisis estadístico. Los datos fueron procesados utilizando el paquete estadístico SPSS versión 25. El análisis descriptivo incluyó la media como medida de tendencia central, mientras que la desviación estándar y los valores máximos y mínimos se emplearon como medidas de dispersión. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para determinar una distribución normal, y la comparación entre grupos se realizó mediante análisis de ANOVA seguido de la prueba post-hoc de Tukey. Para la evaluación de hipótesis se estableció un nivel de significancia $p < 0,05$.

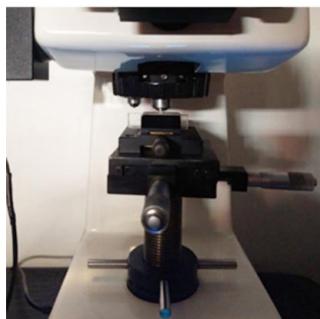


Fig.1. Microdúrometro Vicker y análisis microscópico de indentación.

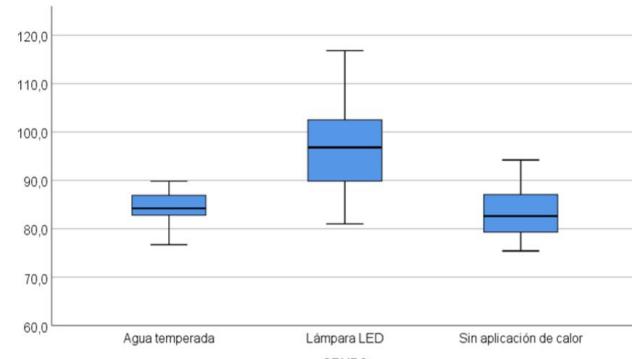


Fig. 2. Gráfico de caja y bigotes de los grupos de estudio

RESULTADOS

Los valores de tendencia central y de dispersión, así como los resultados de la prueba de normalidad de cada grupo, se presentan en la Tabla I y la Figura 2. La Tabla II muestra la comparación entre los grupos mediante un análisis de ANOVA, el cual arrojó un valor de $p = 0,000$, indicando la existencia de dife-

rencias significativas entre al menos dos grupos. La comparación por pares se detalla en la Tabla III, donde se evidencia que la aplicación de la lámpara LED produjo un aumento significativo en la microdureza superficial en comparación con el grupo control ($p = 0,000$).

Tabla I. Análisis descriptivo de los datos.

GRUPO	N	Media	DE	Mínimo	Máximo	Shapiro-Wilk		
						W	P	
Microdureza Vicker (VHN)	Agua temperada	20	84,435	3,431	76,700	89,800	946	0,3075*
	Lámpara LED	20	97,095	9,776	81,000	116,800	972	0,7874*
	Sin aplicación de calor	20	83,560	5,862	75,400	94,200	932	0,1698*

DE: Desviación estándar; *: ($p < 0,05$) - Presenta distribución semejante a la normal.

Tabla II. Comparación de las fuentes de calor.

	Micro dureza Superficial				
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Entre grupos	2294,916	2	1147,458	24,294	0,000
Dentro de grupos	2692,223	57	47,232		
Total	4987,139	59			

Tabla III. Prueba Post Hoc de comparaciones múltiples de los grupos de estudio.

Grupos	Media	DE	1 vs 2	1 vs 3	2 vs 3
Agua Temperada (1)	84,435	3,4306			
Lámpara LED (2)	97,095	9,7756	0,000*	0,915	0,000*
Sin aplicación de calor (3)	83,560	5,8621			

Basado en la prueba Post Hoc HSD Tukey; *Significativo ($p < 0,05$); DE: desviación estándar.

DISCUSIÓN

Este estudio evaluó la influencia de distintas fuentes de calor sobre la microdureza del ionómero de vidrio, evidenciando que la aplicación de calor radiante mediante lámpara LED durante el fraguado generó un incremento significativo en la microdureza, mientras que el precalentamiento del material con agua temperada no produjo cambios significativos. Estos hallazgos coinciden con investigaciones previas que reportaron mejoras en esta propiedad del material al emplear luz LED (Dionysopoulos *et al.*, 2017; O'Brien *et al.*, 2010; Tolidis *et al.*, 2016). En el estudio realizado por Dionysopoulos *et al.* (2017), al evaluar un CIV de la misma marca utilizada en el presente trabajo, se reportó que la aplicación de calor radiante mediante lámpara LED produjo un incremento del 11,3 % en la microdureza superficial en comparación con el grupo control a las 24 horas. De manera similar, Gavic *et al.* (2016) evidenció aumentos significativos de 26 % y 16,8 % en la microdureza al exponer el material a dos tipos diferentes de unidades LED. Estos incrementos concuerdan con los resultados del presente estudio, en el que el CIV Equia Fil presentó un aumento del 16,1 % respecto al grupo control. Por su parte, en el estudio de Tolidis *et al.* (2016) observaron un aumento del 32,7 % al evaluar el CIV Equia Fil, llegando hasta un 71,7 % al analizar otras marcas de material.

Todos los estudios mencionados previamente evaluaron la micro dureza después de las 24 h de fraguado. Sin embargo, estudios como el de Menne-Happ & Ilie (2014) y Tolidis *et al.* (2016) indican que los valores de microdureza podrían modificarse con el tiempo, por lo que este factor debe ser considerado al analizar la evidencia. Contrario a estos hallazgos, Menne-Happ & Ilie (2014) no observaron ningún efecto a largo plazo sobre la microdureza de los CIV ChemFil Rock, Fuji IX GP Fast y Equia, atribuyendo esta condición al tipo de cemento, y sugieren que no es necesario aplicar calor al restaurar dientes con ionómeros de vidrio. De manera similar, Skrinjaric *et al.* (2008), en un ensayo clínico donde se aplicó calor mediante lámpara LED en sellantes de fosas y fisuras con un seguimiento de un año, reportaron que este procedimiento no mejoró las propiedades del material y desaconsejaron su uso. Como puede observarse, los resultados de las diferentes investigaciones aún no son concluyentes, por lo que es importante considerar la limitada cantidad de estudios con diseño

in vivo antes de trasladar recomendaciones al contexto clínico.

Los resultados obtenidos en el presente estudio sobre la influencia del precalentamiento por baño de agua temperada en la micro dureza del CIV, no fueron estadísticamente significativos ($p = 0.915$) respecto al grupo control, a diferencia del estudio de O'Brien *et al.*, (2010) donde demostraron que el precalentamiento mediante este método mejoró significativamente la microdureza superficial, media hora después de la mezcla, en comparación con el grupo que no fue sometido a una fuente térmica.

La limitada eficacia del precalentamiento con agua temperada observada en el presente estudio podría explicarse por la diferencia en el tiempo de exposición con respecto a lo reportado por O'Brien *et al.* (2010), quienes aplicaron este método durante 90 s, mientras que en nuestra investigación el CIV fue expuesto únicamente por 60 s. Esta reducción en el tiempo de exposición se adoptó tras la prueba piloto, en la que se evidenció que un tiempo de trabajo demasiado corto dificultaba la correcta colocación del material en los moldes prefabricados. Además, se consideró la advertencia del mismo autor sobre que cualquier incremento en la velocidad de fraguado derivado del precalentamiento de la cápsula puede reducir el tiempo de manipulación del material, lo cual podría no ser adecuado para su aplicación clínica en determinadas situaciones.

Una limitación de este estudio fue que la influencia del calor se evaluó de manera transversal, a las 24 horas posteriores al fraguado. No obstante, la microdureza podría experimentar variaciones con el tiempo (Tolidis *et al.*, 2016), por lo que se recomienda realizar investigaciones futuras con diseño longitudinal que incorporen la variable temporal, permitiendo así una evaluación más precisa de su efecto sobre las propiedades del material.

CONCLUSIÓN

En función de los resultados obtenidos y considerando las limitaciones de este estudio, se concluyó que la aplicación de calor mediante lámpara LED incrementó de manera significativa la microdureza del ionómero de vidrio, mientras que el precalentamiento con agua temperada no produjo cambios apreciables en las propiedades del material.

NOLAZCO-SOTO, C.; QUEA-CAHUANA, E.; MORI-GUERRERO, L. I.; ANDUAGA-LESCANO, S. & CAVA-VERGIU, C. Effect of two heat sources on the surface microhardness of glass ionomer cement. *Int. J. Odontostomat.*, 19(4):399-403, 2025

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the effect of two heat sources on the surface microhardness of a glass ionomer cement. An *in vitro* experimental design was used, in which 60 specimens of glass ionomer cement (GC Equia Forte) were allocated into three groups: no heat application ($n = 20$), heating in tempered water ($n = 20$), and heating with a light-emitting diode (LED) lamp ($n = 20$). All samples were stored in distilled water at 37°C , and Vickers microhardness was measured after 24 hours. The results showed a significant increase in microhardness following heat application with the LED lamp compared with both the control group ($p = 0.000$) and the tempered-water group ($p = 0.000$). In contrast, no statistically significant difference was found between the tempered-water group and the control group ($p = 0.915$). It was concluded that heat application using an LED lamp significantly enhanced the microhardness of the glass ionomer cement, whereas preheating in tempered water did not produce any changes in the material.

KEY WORDS: Glass ionomer cement, microhardness, radiant heat, temperature.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dionysopoulos, D.; Tolidis, K.; Sfeikos, T.; Karanasiou, C. & Parisi, X. Evaluation of surface microhardness and abrasion resistance of two dental glass ionomer cement materials after radiant heat treatment. *Adv. Mater. Sci. Eng.*, (1):5824562, 2017.
- Gavic, L.; Gorseta, K.; Borzabadi-Farahani, A.; Tadin, A.; Glavina, D.; van Duinen, R. & Lynch, E. Influence of thermo-light curing with dental light-curing units on the microhardness of glass-ionomer cements. *Int. J. Periodontics Restorative Dent.*, 36(3):425-30, 2016.
- Ge, K. X.; Quock, R.; Chu, C. H. & Yu, O. Y. The preventive effect of glass ionomer restorations on new caries formation: A systematic review and meta-analysis. *J. Dent.*, 125:104272, 2022.
- Kukreja, R.; Singla, S.; Bhadoria, N.; Pawar, P.; Gupta, K.; Khandelwal, D. & Dewani, N. An *in vitro* study to compare the release of fluoride from glass ionomer cement (Fuji IX) and Zirconomer. *Int. J. Clin. Pediatr. Dent.*, 15(1):35-7, 2022.
- Kurt, A.; Atlas, A. M.; Arslan, I.; Tüzüner, T.; Baygin, Ö.; Sökmen, M.; Altintepe, I. & Hatipoğlu, Ö. Influence of thermo-light curing on the microhardness and fluoride release of glass-ionomer cements. *J. Photopolym. Sci. Technol.*, 37(1):35-42, 2024.
- Lopes, L. C. P.; Terada, R. S. S.; Tsuzuki, F. M.; Giannini, M. & Hirata, R. Heating and preheating of dental restorative materials: a systematic review. *Clin. Oral Investig.*, 24(12):4225-35, 2020.
- Menne-Happ, U. & Ilie, N. Effect of heat application on the mechanical behaviour of glass ionomer cements. *Clin. Oral Investig.*, 18(2):643-50, 2014.
- Murugan, R.; Yazid, F.; Nasruddin, N. S. & Anuar, N. N. M. Effects of nanohydroxyapatite incorporation into glass ionomer cement (GIC). *Minerals*, 12(1):9, 2022.
- Nicholson, J. W.; Sidhu, S. K. & Czarnecka, B. Fluoride exchange by glass-ionomer dental cements and its clinical effects: a review. *Biomater. Investig. Dent.*, 10(1): 2244982, 2023.
- O'Brien, T.; Shoja-Assadi, F.; Lea, S. C.; Burke, F. J. T. & Palin, W. M. Extrinsic energy sources affect hardness through depth during set of a glass-ionomer cement. *J. Dent.*, 38(6):490-5, 2010.
- Sari, F. & Ugurlu, M. Reinforcement of resin-modified glass-ionomer cement with glass fiber and graphene oxide. *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.*, 142:105850, 2023.
- Skrinjaric, K.; Vranic, D. N.; Glavina, D. & Skrinjaric, I. Heat-treated glass ionomer cement fissure sealants: retention after 1-year follow-up. *Int. J. Paediatr. Dent.*, 18(5):368-73, 2008.
- Tolidis, K.; Dionysopoulos, D.; Gerasimou, P. & Sfeikos, T. Effect of radiant heat and ultrasound on fluoride release and surface hardness of glass ionomer cements. *J. Appl. Biomater. Funct. Mater.*, 14(4):463-9, 2016.

Dirección para correspondencia:

Eduardo Quea-Cahuana
Facultad de Odontología
Universidad de San Martín de Porres
Lima
PERÚ

E-mail: eduardodent@gmail.com