

Liberación de aluminio de tres selladores endodónticos biocerámicos. Un ensayo *in vitro*

Aluminum release from three bioceramic endodontic sealers. An in vitro test

Presentado: 12 de mayo de 2024

Aceptado: 22 de julio de 2024

Publicado: 30 de agosto de 2024

Alejandro Leonhardt,^{a, b} Nicolás Paduli,^{b, c} Osvaldo Zmener,^{c, b} Miguel Chantiri,^{b, c} Roberto Della Porta^{c, b}

^a Servicio de Endodoncia, Hospital José María Cullen, Santa Fe, Argentina

^b Práctica privada, Santa Fe, Argentina

^c Carrera de Especialización en Endodoncia, Escuela de Odontología USAL/AOA, Facultad de Medicina, Universidad del Salvador, Buenos Aires, Argentina

Resumen

Objetivos: Determinar y comparar la liberación de aluminio (Al) a partir de la formulación química de los selladores endodónticos biocerámicos Bio-C® Sealer, AHPlus® Biocerámico y BioLine Sealer Z.

Materiales y métodos: Se prepararon cinco (n=5) muestras de cada uno de los materiales y se determinó el contenido de Al liberado mediante espectrometría de masa con plasma inductivo acoplado ICP-MS. Los resultados se analizaron mediante ANOVA y la prueba de comparación múltiple de Tukey con un nivel de significación de 0,05.

Resultados: La proporción de Al liberado por los selladores biocerámicos analizados fue de 0,04 mg/g para Bio-C® Sealer y BioLine Sealer Z y de 0,0012 mg/g para AHPlus®

Bioceramic Sealer. ANOVA mostró un nivel significativo para el factor material ($p < 0,0001$). La prueba de Tukey reveló que la liberación de Al de AHPlus® Bioceramic Sealer, fue significativamente menor a la de los otros dos selladores ($p < 0,05$).

Conclusión: La proporción de Al liberado por AHPlus® Bioceramic Sealer es menor que Bio-C® Sealer y BioLine Sealer Z. Si bien los tres selladores liberaron Al, ninguno de los valores superó aquellos de la ingesta media diaria de un individuo adulto, por lo que no representaría un riesgo biológico para su uso clínico en humanos.

Palabras clave: Aluminio, endodoncia, selladores biocerámicos, silicato de calcio.

Abstract

Aim: Determine and compare the release of aluminum (Al) from three bioceramic endodontic sealers Bio-C® Sealer, AH-Plus® Bioceramic Sealer and BioLine Sealer Z.

Materials and methods: Five (n=5) samples of each of the materials were prepared and the released Al content was determined by mass spectrometry with inductively coupled plasma ICP-MS. The results were analyzed with ANOVA and Tukey's multiple comparison test with a significance level of $p < 0.05$.

Results: The proportion of Al released by the bioceramic sealers analyzed was 0.04 mg/g for Bio-C® Sealer and BioLine Sealer Z, and 0.0012 mg/g for AH Plus® Bioceramic

Sealer. ANOVA showed a significant level for the factor material ($p < 0.0001$). Tukey's test revealed that the Al release from AH Plus® Bioceramic Sealer was significantly lower than that of the other two sealers ($p < 0.05$).

Conclusions: The proportion of Al released by AH Plus® Bioceramic Sealer is lower than that of Bio-C® Sealer and BioLine Sealer Z. Although all three sealers released Al, none of the values exceeded the average daily intake for an adult individual, and therefore, they would not represent a biologic risk for clinical use in humans.

Keywords: Aluminum, bioceramic sealers, calcium silicate, endodontics.



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Introducción

Los cementos biocerámicos son materiales especialmente diseñados para su uso clínico en medicina y odontología, e incluyen alúmina (óxido de aluminio), óxido de zirconio, vidrio bioactivo, hidroxapatita y fosfatos de calcio en su formulación.¹ Existen comercialmente tres categorías de cementos biocerámicos: bioinertes (bien tolerados por el organismo); bioactivos (además de ser bien tolerados, son osteoconductivos) y biodegradables (se degradan en un ambiente biológico y son posteriormente reemplazados por tejido óseo).²

Los cementos selladores biocerámicos bioactivos (CBBa) utilizados en endodoncia, pueden contener aluminio (Al) en forma de aluminato de calcio en su composición, lo que ha generado cierta preocupación entre los profesionales, especialmente porque se ha sugerido que el Al podría producir diferentes alteraciones neurovegetativas, además de otras condiciones patológicas.³ Durante la obturación del sistema de conductos radiculares puede producirse una extravasación accidental del cemento, estableciéndose un contacto con el pH ácido de los tejidos perirradiculares inflamados, lo que a su vez podría lixiviar los metales contenidos en su formulación, siendo el Al uno de ellos. El Al es un metal cuya toxicidad crónica genera efectos nocivos relacionados a la neurotoxicidad y su relación con la patogénesis de la enfermedad de Alzheimer.^{4,5} También se lo ha implicado en la patogenia de otras alteraciones neurológicas, incluida la enfermedad de Parkinson y la esclerosis lateral amiotrófica, como así también algunas patologías esqueléticas y hematológicas.⁵⁻⁸ Para que estos efectos se produzcan, el ser humano debería estar expuesto a concentraciones elevadas de Al en forma crónica. Normalmente, la ingesta media de Al en un individuo adulto se encuentra entre 5 y 10 mg por día. El consumo de productos farmacéuticos, antiácidos y analgésicos que lo contienen puede suponer un aumento significativo en la incorporación del metal.⁵⁻⁸

Leonhardt *et al.*⁹ y Badway *et al.*¹⁰ observaron que el nivel de concentración de Al presente en los materiales biocerámicos a base de silicato de calcio y aluminato de calcio no parece presentar un riesgo biológico potencial para su uso como cemento endodóntico en humanos.

Para que el Al pueda ser liberado al medio tisular es necesaria la presencia de un pH ácido. La lisis de los tejidos mineralizados se produce por la presencia de células clásticas, las que una vez adheridas a la superficie de los tejidos duros, generan

un microambiente con un pH de entre 3,0 y 4,5. En este medio ácido, se produce inicialmente una disolución de los cristales de hidroxapatita. Posteriormente, la estructura orgánica se degrada por acción de diferentes enzimas proteolíticas como colagenasas y proteinasas.¹¹

Entre una importante cantidad de CBBa disponibles comercialmente, el Bio-C® Sealer (BCs; Angelus) y el AH Plus® Bioceramic Sealer (AHPb; Dentsply Sirona) son cementos selladores habitualmente utilizados en la clínica. Ambos materiales se presentan premezclados y contenidos en una jeringa que facilita su inserción en el conducto radicular.¹² Recientemente, se ha incorporado al mercado BioLine Sealer Z (BLSz; Denteline) presentado en forma de polvo y líquido. El objetivo del presente ensayo fue determinar y comparar la liberación de Al a partir de las formulaciones químicas de BCs, AHPb y BLSz. La hipótesis nula postula que los tres materiales analizados liberan igual proporción de Al.

Materiales y métodos

Los materiales analizados en el presente ensayo, así como también su composición química, pueden observarse en la tabla 1.

Preparación de las muestras

Se prepararon cinco (n=5) muestras de cada uno de los CBBa ensayados según la norma ISO 9917-1 (IRAM 27080). Para el BLSz, se mezcló una cantidad suficiente de polvo y líquido en la proporción recomendada por el fabricante para obtener 0,5 g del material. Se introdujo la mezcla en una bolsa de polietileno y se realizó presión digital hasta obtener una lámina delgada en forma de disco de aproximadamente 0,2 mm de espesor. En el caso de BCs y AHPb, los selladores se extrajeron de las jeringas, se depositaron sobre una lámina de polietileno y se los deslizó sobre la misma con una espátula hasta obtener una lámina de espesor similar a la mencionada para BLSz. Las muestras se llevaron a una estufa a 37 °C y 95% de humedad relativa durante 24 horas para permitir su endurecimiento. Posteriormente, cada muestra se trituró en un mortero hasta lograr un polvo muy fino. Se pesaron 0,5 g del polvo obtenido de cada material y se transfirieron a un frasco de Erlenmeyer de 150 ml de capacidad, al que se añadió ácido clorhídrico hasta obtener un pH de 4. Luego de sellar la boca de cada frasco, se lo agitó y se dejó en reposo durante 16 horas. Se transfirió la

Tabla 1. Descripción de los cementos biocerámicos utilizados

Material	Lote	Composición química
Bio-C® Sealer, premezclado provisto en jeringa (Angelus, Londrina, Brasil)	64464	Silicato de calcio, aluminato de calcio, óxido de calcio, óxido de hierro, dióxido de silicio y agente de dispersión (polietilenglicol).
AHPlus® Bioceramic Sealer, premezclado provisto en jeringa (Dentsply Sirona, Charlotte, Estados Unidos)	KS220519	Dióxido de zirconio, silicato tricálcico, dimetilsulfóxido, carbonato de litio y agentes espesantes.
BioLine Sealer Z, polvo/líquido (Denteline, Maringá, Brasil)	L2102246	Silicato tricálcico, aluminato tricálcico, silicato dicálcico, óxido de zirconio. Líquido: solución acuosa de alcohol polivinílico y cloruro de calcio.

solución a un tubo de centrífuga y se centrifugó durante 10 minutos. Mediante una pipeta, se transfirió la solución clara a un matraz aforado de 50 ml, se lo tapó y se determinó el contenido de Al mediante un espectrómetro de masa con plasma inductivo acoplado ICP-MS Agilent modelo 7900 (Tokio, Japón). Para el procesamiento de los datos obtenidos se utilizó el programa InfoStat versión 2020 (Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina). Los datos fueron analizados por dos evaluadores previamente calibrados. En caso de no concordar, los evaluadores discutieron conjuntamente el tema en cuestión hasta lograr un consenso. Los resultados se analizaron mediante ANOVA y la prueba de comparación múltiple de Tukey con un nivel de significación de $p < 0,05$.

Resultados

La proporción de Al liberado por los selladores biocerámicos analizados fue de 0,04 mg/g para BCs y BLSz y de 0,0012 mg/g para AHPb. ANOVA mostró un efecto significativo para el factor material con un valor de $p < 0,0001$ (Tabla 2). La prueba de Tukey reveló que la liberación de Al de AHPb, fue significativamente menor a la de los otros dos selladores ($p < 0,05$) (Tabla 3). En base a estos resultados, la hipótesis nula fue rechazada.

Tabla 2. Análisis de variancia

Factor	SC	GL	CM	F	p
Material	0,010000	2	0,0026000	2130,39	<0,0001
Error	0,000014	12	0,0000012		
Total	0,010000	14			

SC: Suma de cuadrados; GL: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio.

Tabla 3. Niveles de liberación de Aluminio (mg/g)

Material	Media	Desvío estándar
Bio-C® Sealer	0,0404 ^a	0,0013
AHPlus® Biocerámico	0,0012 ^b	0,0001
Bioline Sealer Z	0,0426 ^a	0,0013

Letras diferentes $p < 0,05$ (Prueba de Tukey)

Discusión

En el presente estudio se determinó la cantidad de Al liberado mediante el uso de espectrometría de masa con plasma inductivo acoplado ICP-MS. El método es altamente sensible y capaz de determinar en forma cuantitativa casi todos los elementos presentes en la tabla periódica con una sensibilidad mayor a la espectrometría de absorción atómica (AAS).¹³ La ICP-MS puede detectar metales pesados en concentraciones del orden de partes por billón e incluso hasta partes por trillón, mientras que la AAS típicamente alcanza concentraciones en el rango de partes por millón. Esta diferencia es de importancia fundamental cuando se realizan detecciones ambientales o en otras circunstancias donde el límite de cuantificación es vital.¹³⁻¹⁵ El tamaño de la muestra utilizada es el indicado por la norma y sus especificaciones para este tipo de ensayo. Por otro lado, asegura suficiente poder para detectar diferencias que pueden ser consideradas relevantes para un ensayo de laboratorio.

En los cementos biocerámicos, el Al se encuentra en la fase de aluminato tricálcico (alúmina-calcio), perteneciendo este compuesto a los biocerámicos bioinertes que, por consiguiente, no producen reacciones secundarias en los tejidos con los que se ponen en contacto. El aluminato tricálcico es el responsable del inicio del endurecimiento de los CBBa. Los mismos reaccionan con el agua, haciendo que se hidrate muy rápidamente en los primeros minutos del fraguado, iniciando el desarrollo y crecimiento de

cristales de aluminato que contribuyen ligeramente a la resistencia temprana del material.^{16,17} En un estudio preliminar, Simsek *et al.*¹⁸ utilizaron ICP-MS para determinar la presencia de compuestos metálicos en tres CBBa implantados en el tejido celular subcutáneo de ratas. A los 45 días posoperatorios, los animales fueron eutanizados y se extirparon sesos, riñones e hígados. Los resultados no revelaron diferencias significativas en la concentración de Al, calcio, arsénico y cromo entre los materiales problema y el grupo control. Los autores concluyeron que los niveles de oligoelementos detectados no fueron tóxicos.¹⁸

Resultó interesante comprobar que, si bien el fabricante de AHPb no informa acerca de la presencia de Al en la formulación original del material, los resultados revelaron la liberación de una mínima proporción del mismo a partir de las muestras analizadas. En el presente ensayo se determinó la liberación de Al simulando las condiciones del tejido inflamado con un pH de 4, condición que se produce habitualmente durante la reabsorción ósea.¹⁹ Los resultados obtenidos muestran valores de liberación de Al con un promedio de 0,04 mg/g para BCs y BLSz y 0,0012 mg/g en AHPb, siendo estas concentraciones muy inferiores a la ingesta media de un individuo adulto, que oscila entre 5 y 10 mg por día.

Conclusiones

Si bien los tres selladores liberaron Al, ninguno de los valores superó la ingesta media diaria de un individuo adulto, por lo que dentro de las limitaciones del presente ensayo *in vitro*, los resultados permiten sugerir que el Al contenido en los selladores endodónticos biocerámicos analizados no representaría un riesgo biológico para ser utilizado en humanos. Sin embargo, estas conclusiones preliminares aún requieren ser confirmadas por los estudios que se encuentran actualmente en desarrollo.

Contribución de roles

AL, OZ y MCH contribuyeron en la concepción de la idea y el diseño del estudio. AL y MCH participaron en el proceso de investigación y recolección de los datos. AL, OZ, RP y MCH contribuyeron en el análisis e interpretación de los datos. OZ y RP participaron en la redacción y revisión crítica del manuscrito. Todos los autores aprobaron la versión final para ser publicada y son capaces de responder respecto de todos los aspectos del manuscrito.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses en relación con este artículo científico.

Fuentes de financiamiento

Este estudio fue financiado exclusivamente por los autores.

Agradecimientos

Al Dr. Ricardo Macchi por su colaboración en el cálculo estadístico de los datos.

Identificadores ORCID

AL  0009-0001-9835-9876
 NP  0009-0000-9329-0796
 OZ  0000-0002-3877-658X
 MCH  0009-0009-3590-2294
 RDP  0000-0003-0348-6045

Referencias

1. Wang Z. Bioceramic materials in endodontics. *Endod Topics* 2015;32:3-30. <https://doi.org/10.1111/etp.12075>
2. Raghavendra SS, Jadhav GR, Gathani KM, Kotadia P. Bioceramics in endodontics – a review. *J Istamb Univ Fac Dent* 2017;51:S128-37.
3. Demirkaya K, Demirdöğen BC, Torun ZÖ, Erdem O, Çetinkaya S, Akay C. In vivo evaluation of the effects of hydraulic calcium silicate dental cements on plasma and liver aluminium levels in rats. *Eur Oral Sci* 2016;124:75-81. <https://doi.org/10.1111/eos.12238>
4. Exley C, Burgess E, Day JP, Jeffery EH, Yokel RA. Aluminum toxicokinetics. *J Toxicol Environ Health* 1996; 48: 569-84. <https://doi.org/10.1080/009841096161078>
5. Crapper DR, Krishnan SS, Dalton AJ. Brain aluminum distribution in Alzheimer's disease and experimental neurofibrillary degeneration. *Science* 1973;180:511-3. <https://doi.org/10.1126/science.180.4085.511>
6. Forbes WF, Gentleman JF, Maxwell CJ. Concerning the role of aluminum in causing dementia. *Exp Gerontol* 1995;30:23-32. [https://doi.org/10.1016/0531-5565\(94\)00050-D](https://doi.org/10.1016/0531-5565(94)00050-D)
7. Han S, Lemire J, Appanna VP, Auger C, Castonguay Z, Appanna VD. How aluminum, an intracellular ROS generator promotes hepatic and neurological diseases: the metabolic tale. *Cell Biol Toxicol* 2013;29:75-84. <https://doi.org/10.1007/s10565-013-9239-0>
8. Yokel RA, McNamara P. Aluminium toxicokinetics: an updated mini review. *Pharmacol Toxicol* 2001;88:159-67. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0773.2001.880401.x>
9. Leonhardt A, Paduli N, Chantiri M, Pameijer C, Zmener O. Aluminium content in endodontic sealers. *Clin Dent* 2024. En prensa.
10. Badway RE, Mohamed DA. Evaluation of new biocera-

- mic endodontic sealers: An in vitro study. *Dent Med Probl* 2022;59:85-92. <https://doi.org/10.17219/dmp/133954>
11. Everts V, Jansen IDC, de Vries TJ. Mechanisms of bone resorption. *Bone* 2022;163:116499. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2022.116499>.
 12. Hamdy TM, Galal MM, Ismail AG, Saber S. Physicochemical properties of AH Plus bioceramic sealer, Bio-C Sealer and AD seal root canal sealer. *Head Face Med* 2024;20:2. <https://doi.org/10.1186/s13005-023-00403-z>
 13. Díaz Zamora R. Ventajas y desventajas del análisis por ICP-MS de metales pesados en muestras biológicas. *Bol Inst Nac Salud* 2017[citado el 21 de enero de 2024];23:54-9. Disponible en: <https://boletin.ins.gob.pe/wp-content/uploads/2017/A%C3%B1o23N7-8/6Articulo.pdf>
 14. Boumans PWJM. “Basic concepts and characteristics of ICP-AES”, en: Boumans PWJM (Ed). *Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopy, Part 1: Methodology, Instrumentation and Performance*, 1° Ed., Wiley & Sons Ltd, Nueva York, 1987,pp.100.
 15. Greenway G. Analytical atomic spectrometry with flames and plasmas: analytical atomic spectrometry with flames and plasmas, by Broekaert José A.C. Broekaert. *TrAC Trends Anal Chem* 2002;21:28-30. [https://doi.org/10.1016/S0165-9936\(02\)01107-X](https://doi.org/10.1016/S0165-9936(02)01107-X)
 16. Ducheyne P, Hastings GM. *Metal and ceramic biomaterials. Vol 1: Structure*, 1° Ed., CRC Press, Boca Raton, 1984, pp. 144-66. <https://doi.org/10.1201/9781351074438>
 17. Duda WH. *Manual tecnológico del cemento*. 1.ª ed. Barcelona, Editores Técnicos Asociados, 1977[citado el 21 de enero de 2024], p. 230-4. Disponible en: https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9788429192186_A41252061/preview-9788429192186_A41252061.pdf
 18. Simsek N, Bulut ET, Ahmetoğlu F, Alan H. Determination of trace elements in rat organs implanted with endodontic repair materials by ICP-MS. *J Mater Sci Mater Med* 2016;27:46. <https://doi.org/10.1007/s10856-015-5663-4>
 19. Arnett T. Regulation of bone cell function by acid-base balance. *Proc Nutr Soc* 2003;62:511-20. <https://doi.org/10.1079/pns2003268>

Cómo citar este artículo

Leonhardt A, Paduli N, Zmener O, Chantiri M, Della Porta R. Liberación de aluminio de tres selladores endodónticos biocerámicos. Un ensayo *in vitro*. *Rev Asoc Odontol Argent* 2024;112:e1120812. <https://doi.org/10.52979/raoa.1120812.1269>

Contacto:

ALEJANDRO LEONHARDT
aleleon_1264@hotmail.com