

Adhesión de *Streptococcus mutans* en materiales restaurativos bioactivos: revisión narrativa

Adhesion of *Streptococcus mutans* on bioactive restorative materials: a narrative review

Daniela Alejandra Urueta-Acuña¹  Midian Clara Castillo-Pedraza¹  Jorge Homero Wilches-Visbal¹ 

RESUMEN

La caries dental es una enfermedad multifactorial caracterizada por la desmineralización del esmalte y la dentina. *Streptococcus mutans* es una de las bacterias más importantes en la etiología de la caries. La adhesión de este microorganismo a la superficie dental y a las restauraciones dentales es un factor importante en la progresión de ellas. Los materiales restauradores bioactivos que liberan iones flúor, calcio y fósforo, pueden ayudar a inhibir la adhesión y el crecimiento de esta cepa bacteriana. **Objetivo:** Revisar el actual estado del arte sobre la adhesión de *Streptococcus mutans* a la superficie de materiales bioactivos. **Materiales y métodos:** Se realizó búsqueda bibliográfica en las plataformas científicas PubMed, Dialnet, Scielo y Medigraphic, utilizando los descriptores en inglés y español: Cention-N, Circonómero, Equia forte, actividad antibacterial, *Streptococcus mutans* y liberación de flúor. Se usó el operador booleano AND para unir los descriptores. 90% de los artículos seleccionados se publicaron en los últimos 5 años, de acceso libre o restringido, excluyendo artículos que no tenían relación con los objetivos del estudio, o duplicados en las diferentes plataformas de búsqueda. **Resultados:** Se identificaron 29 artículos. El Cention N fue el material que obtuvo mayor número de resultados en la búsqueda a diferencia del Circonómero, el cual arrojó pocos resultados; sólo 8 artículos sobre circonómero. **Conclusión:** Los resultados sugieren que los materiales restauradores bioactivos, como Cention N, Equia forte y Circonómero, pueden ser una opción eficaz para prevenir la caries dental. Se hace necesario ensayos clínicos para confirmar los beneficios clínicos reales de estas opciones restaurativas.

Palabras clave: adhesión bacteriana, *Streptococcus mutans*, materiales dentales, restauración dental permanente.

ABSTRACT

Dental caries is a multifactorial disease characterised by demineralisation of enamel and dentine. *Streptococcus mutans* is one of the most important bacteria in the aetiology of caries. The adhesion of this microorganism to the tooth surface and dental restorations is an important factor in the progression of caries. Bioactive restorative materials which release fluoride, calcium and phosphorus ions, can help inhibit the adhesion and growth of this bacterial strain. **Objective:** To review the current state of the art on the adhesion of *Streptococcus mutans* to the surface of bioactive materials. **Materials and methods:** A literature search was carried out in the scientific platforms PubMed, Dialnet, Scielo and Medigraphic, using the English and Spanish descriptors: Cention-N, Zirconomer, Equia forte, antibacterial activity, *Streptococcus mutans* and fluoride release. The Boolean operator AND was used to link the descriptors. 90% of the selected articles were published in the last 5 years, open or restricted access, excluding articles that were not related to the objectives of the study, or duplicates in the different search platforms. **Results:** 29 articles were identified. Cention N was the material that obtained the highest number of search results in contrast to zirconomer, which yielded few results; only 8 articles on zirconomer. **Conclusion:** The results suggest that bioactive restorative materials, such as Cention N, Equia forte and zirconomer, may be an effective option to prevent dental caries. Clinical trials are needed to confirm the real clinical benefits of these restorative options.

Key words: bacterial adhesion, *Streptococcus mutans*, dental materials, permanent dental restoration.

INTRODUCCIÓN

Streptococcus mutans es una bacteria anaerobia facultativa que tiene el papel más importante en la composición del biofilm¹. Este microorganismo produce ácidos orgánicos, en especial ácido láctico resultado de la fermentación de los carbohidratos de la dieta. La acumulación de este ácido disminuye el pH de la cavidad oral provocando una desmineralización del esmalte dental^{1,2}. Varios autores han investigado la interacción de *Streptococcus mutans* sobre la superficie dentaria, observando la potencialidad cariogénica de esta cepa y su capacidad de interacción con otras dentro de un microambiente ácido.^{3,4}

La adhesión bacteriana al esmalte dental está relacionada a la formación de una película adquirida que está constituida por proteínas salivales sobre la superficie

¹ Programa de Odontología, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.

Autor de Correspondencia: Jorge Homero Wilches-Visbal 

e-mail: jhwilchev@gmail.com

Recibido: 10/02/2024

Aprobado: 02/10/2024

dental. *Streptococcus mutans* se une a la superficie dental mediante uniones electrostáticas. Aunque suele pensarse que las uniones electrostáticas son el mecanismo principal de adhesión bacteriana al esmalte, hace algunos años se descubrió que esto también puede ocurrir por la acción de proteínas propias de la superficie de las bacterias denominadas adhesinas, las cuales se unen a las proteínas de la saliva que actúan como receptores y facilitan la adherencia bacteriana. Esto es posible gracias al fenómeno de reconocimiento molecular.⁵

Algunas de las proteínas salivales ya han sido identificadas, como por ejemplo la prolina, estaterinas, histatinas, cistatinas, entre otras. Estas proteínas promueven la colonización bacteriana de la superficie del diente por distintos mecanismos de acción, siendo mediadores de unión para las bacterias. También, las mucinas, que eran consideradas barreras protectoras en la película adquirida, podrían tener un papel importante en la unión bacteria-superficie dental, debido a que el alto grado de diversidad de sus cadenas oligosacáridas con potenciales sitios de unión y sustratos metabólicos, lo convierten en un determinante importante en la formación de estructuras bacterianas sobre el diente.⁶

En la actualidad, la unión diente-bacteria, no es la única interacción de importancia, en el mundo de la adhesión bacteriana, la colonización y crecimiento de *Streptococcus mutans*. También se ha evaluado en restauraciones, las cuales se han relacionado con la rugosidad, la energía libre de la superficie, la hidrofobicidad y la composición química del material restaurador^{7,8}. La variedad de materiales restauradores siempre ha buscado satisfacer algunas propiedades esenciales como biocompatibilidad, buena adhesión, sellado completo de márgenes transicionales entre diente y restauración, propiedades mecánicas y ópticas. Sin embargo, la caries recurrente sigue siendo un problema tras una restauración, debido a que las bacterias pueden acumularse en las superficies de los materiales, tanto o más que en la superficie dental.⁹

Por lo anterior, las investigaciones actuales en el área de la odontología restaurativa han centrado su mirada no solo en la biocompatibilidad del material, sino que también en la bioactividad de éstos. Este último concepto ha sido definido de muchas formas y desde distintas perspectivas. Desde el punto de vista de la biología, los compuestos bioactivos son aquellos que, al estar en contacto con tejido vivo, inducen una respuesta positiva, como la disminución de pH, la liberación de flúor, entre otros, que promueven la homeostasis en el órgano dentino-pulpar¹⁰. Además, pueden favorecer la reparación de la estructura dental perdida y reducir la recurrencia de caries secundaria.¹¹

En las últimas décadas han surgido nuevos materiales restauradores que ofrecen estas propiedades biológicas, al mismo tiempo que imitan la naturalidad del diente. Sin embargo, aún se necesitan estudios clínicos que revelen el

comportamiento de *Streptococcus mutans* en la superficie de estos compuestos. Por ello, el propósito de esta revisión es describir la adhesión y comportamiento de este microorganismo sobre el Cention - N (Ivoclar Vivadent), Equia forte Ht fil, y Circonómero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda de literatura científica en las bases de datos o plataformas científicas PubMed, Dialnet, Scielo y Medigraphic utilizando los descriptores en inglés y en español: Cention-N, Zirconómero, Equia forte, actividad antibacterial, *Streptococcus mutans* y liberación de flúor. Se usó el operador booleano AND para unir los descriptores mencionados, de manera que las ecuaciones empleadas fueron: antibacterial activity AND cention N; antibacterial activity AND zirconomer; antibacterial activity AND equia forte; fluoride release AND cention N; fluoride release AND zirconomer; fluoride release AND equia forte; *Streptococcus mutans* AND cention N; *Streptococcus mutans* AND zirconomer y *Streptococcus mutans* AND equia forte. El levantamiento bibliográfico se realizó durante los meses de agosto y octubre de 2023.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultado de la búsqueda bibliográfica

La búsqueda arrojó un total de 102 publicaciones, 64 de PubMed, 15 de Dialnet, 10 en Scielo y 23 en Medigraphic. Después del proceso de depuración se obtuvo un total de 29 manuscritos, entre artículos de revisión y de investigación (Figura 1). Para la elaboración del manuscrito se usaron 23 documentos provenientes de PubMed, 2 de Dialnet, 2 en Scielo y 2 en Medigraphic.

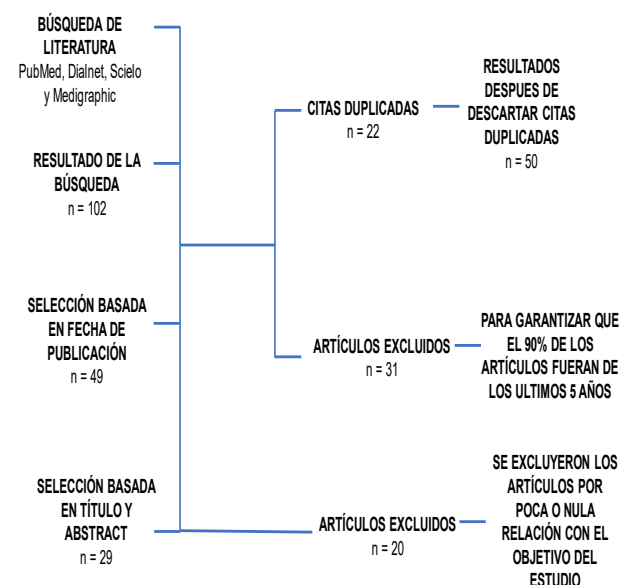


Figura 1. Resultados de la búsqueda de literatura científica para la revisión.

Generalidades etiológicas de la caries dental

La caries dental es una enfermedad mediada por múltiples factores etiológicos que favorecen a la estructuración y evolución del biofilm dental. Sin embargo, su principal causante es la bacteria denominada *Streptococcus mutans*¹². A lo largo de la historia, la rehabilitación oral, la operatoria dental y demás especialidades odontológicas, han buscado la manera de que la restauración dental no se limite únicamente a reemplazar un tejido perdido, sino a recuperar función, estética y, además, que sea posible la presencia de propiedades remineralizantes y antimicrobianas que combatan con la caries dental¹³. Es por esto, que se ha sugerido la incorporación de materiales bioactivos a la odontología, aplicado a pacientes con alto y bajo riesgo de caries.¹⁴

Factores de riesgo

El riesgo de caries es la probabilidad de aparición y progresión de lesiones cariosas en un periodo de tiempo determinado. Además, este riesgo depende de una serie de factores, como la presencia de bacterias cariogénicas en la boca, la frecuencia de consumo de alimentos y bebidas cariogénicas, la higiene bucal y la salud general (experiencias pasadas de caries, enfermedades sistémicas)¹⁵. Los factores de riesgo para el desarrollo de caries dental están determinados por la inspección clínica y pueden clasificarse en alto (paciente con cuatro o más lesiones cavitadas o que abarcan hasta la dentina, con restauraciones en los últimos tres años y biofilm en las superficies dentales) y bajo riesgo (paciente libre de caries o con caries inactiva). Algunos factores de riesgo son: i) cantidad y tipo de carbohidratos fermentables que se consumen (sacarosa, fructuosa, almidones cocidos), ii) disminución de la producción de saliva, iii) alta concentración de biota cariogénica (*Streptococcus mutans* y *Lactobacilos*, en más de 100 mil UFC), iv) bajo contenido de flúor en la pasta dental o poca frecuencia de cepillado, v) disminución del pH, vi) experiencia previa de caries y vii) condición económica del individuo. Algunos de los criterios para identificar el riesgo es la presencia de lesiones iniciales como manchas blancas sin cavitación en zonas retentivas de placas o la presencia de restauraciones, lo que evidencia lesiones anteriores.¹⁶

Los pacientes de bajo riesgo no requieren tratamiento específico, pero se les debe brindar educación en salud oral y seguimiento anual. Los pacientes de alto riesgo deben ser tratados con procedimientos adaptados a cada caso individual, dieta equilibrada, medidas que detengan o impidan la proliferación bacteriana, aplicación local de flúor.¹⁶

Materiales de restauración con bioactividad

Los materiales de restauración bioactivos son aquellos que poseen propiedades fisicoquímicas que ayudan a prevenir la formación de biopelículas cariogénicas al promover la creación de enlaces de fluorapatita en el esmalte¹², neutralizar los ácidos producidos por las bacterias cariogénicas y remineralizar el tejido dentario a través de la liberación de iones de calcio y fluoruro¹⁷. Estos materiales

han tenido gran aceptación en el mercado debido a que ha significado una solución a la disminución en la incidencia de caries recurrente.¹⁸

Ionómero de vidrio

El Ionómero de vidrio, es uno de esos materiales bioactivos al cual se le han atribuido distintas propiedades como biocompatibilidad, coeficiente de expansión térmica cercano al de los dientes, adhesión química al diente, liberación de flúor, insolubilidad ante los cambios térmicos, y absorción de iones fosfato y calcio provenientes del flujo salival, lo que lo convierten en un material resistente¹⁹. Sin embargo, el ionómero de vidrio tiene desventajas como restauración permanente, como su susceptibilidad a la absorción y pérdida de agua, especialmente durante la reacción de polimerización inicial²⁰. A partir del ionómero de vidrio, han nacido otros materiales como Cention – N de la casa comercial Ivoclar Vivadent, Equia forte Ht fil, Circonómero.

Cention N

El Cention N, un material recientemente introducido a los materiales bioactivos²¹, es un material modificado con resina de la clase alcasita que se puede usar de forma autopolimerizable y fotopolimerizable²², afirma liberar concentraciones altas de fluoruro, calcio e iones de hidróxido que neutralizan el ácido con su relleno alcalino y que incluso podrían superar al ionómero de vidrio tradicional^{22,23}. Sin duda, uno de los hallazgos más importantes del estudio comparativo de Nupur G et al.²¹ fue el comportamiento de Cention N en ambiente propicio para *Streptococcus mutans*, demostrando la liberación de cantidades significativamente mayores de iones fluoruro.

Frente a estas condiciones en comparación con el ionómero de vidrio convencional, es un material restaurador dental versátil que se puede usar como restauración temporal, permanente, y en superficies oclusales, proximales y cervicales; y que se ha evidenciado su bioactividad en más de una ocasión.²⁴. Asimismo, el potencial del Cention N fue demostrado en el estudio de Khalid H et al.²⁵ donde se evidenció la baja incidencia de caries secundaria después de que el diente fuera restaurado con este material.

Equia forte

Es un material a base de ionómero de vidrio altamente viscoso y reconocido por su liberación de flúor y de calcio²¹. Sus partículas son muy finas y reactivas, además ha presentado un excelente comportamiento frente a otros materiales de restauración bioactivos^{26,27}. El vidrio de fluoroaluminosilicato es el componente principal del relleno y la principal fuente de flúor. Asimismo, contiene ácido poliacrílico, óxido de hierro, ácido carboxílico polibásico, y agua.²⁶

Circonómero

Es un material compómero que ofrece beneficios tanto de resina como de ionómero de vidrio, y que está reforzado por circonio, el cual tiene la capacidad de inhibir a *Streptococcus mutans* mediante liberación de iones flúor.²⁸

A pesar de que existen numerosos estudios que favorecen el uso del Cention N, otras opciones como Equia forte y Zirconómero han presentado mejores respuestas biológicas. En el caso de la investigación realizada por Cosgun et al.²⁹, se evidenció el potencial antibacteriano del Equia forte, inhibiendo notablemente cepas bacterianas como *Streptococcus mutans*, e incluso *Lactobacillus casei*, comprobando que es un gran material anticaries. En este mismo estudio, el circonómero fue sometido a las mismas condiciones, y también actuó de forma inhibitoria cuando fue expuesto a los grupos bacterianos. Ambos materiales se consolidaron como materiales restaurativos con propiedades sumamente positivas.

Chirayu et al.¹⁸ evaluaron los 3 materiales según su liberación de iones calcio, flúor y fosfato, los materiales fueron Cention N, Equia forte y Circonómero, comparándolos entre sí y agregando el ionómero de vidrio Fuji VIII. Este estudio reveló que el circonómero, Equia Forte y Fuji VIII están relacionados a la inhibición de la caries en su etapa inicial, y el Cention N, a pesar de ser el material que menos liberó flúor, tiene alta liberación de iones Calcio, lo que lo convierte en un material selecto en pacientes con alto riesgo de caries, aumentando la concentración de iones en el biofilm, retardando el proceso de desmineralización e induciendo la remineralización²⁰. En este mismo estudio, el circonómero y el Cention N, tuvieron aproximadamente la misma liberación de flúor en el día 14, sin embargo, el circonómero presentó la menor absorción de luz, lo que significa una mayor actividad antibacteriana, al igual que en el estudio realizado por Feiz et al.¹² donde el circonómero fue el material con mayor respuesta positiva frente al biofilm dental, demostrando que su acción contra el *Streptococcus mutans*, podría ser más eficaz que el material Cention N.

Algunas de las limitaciones de la revisión son los pocos estudios que existen acerca del circonómero, que podría asociarse a que es un material más reciente en comparación con el Cention N y el Equia forte, asimismo, son pocos los estudios in vivo. Es necesario ensayos clínicos para conocer los beneficios reales que traen estos materiales. Esto último se observó en el levantamiento bibliográfico de los 3 materiales.

CONCLUSIÓN

El circonómero fue el material de restauración bioactivo que presentó mejores resultados biológicos, sin embargo, son necesarios más estudios sobre este material, para conocer bien cuáles son sus ventajas y desventajas. Por otro lado, Cention N y Equia Forte, son grandes opciones de restauración, no obstante, tienen un comportamiento mejor según su indicación. Así, el Cention N es un gran aliado en pacientes con alto riesgo de caries, y el Equia forte, actúa muy bien inhibiendo lesiones cariosas iniciales. Por otro lado, la liberación de iones flúor, calcio y fósforo, están fuertemente asociados al comportamiento de un material frente al *Streptococcus mutans*.

REFERENCIAS

1. Conrads G, About I. Pathophysiology of dental caries. Monogr Oral Sci. 2018;27:1–10. Disponible: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29794423>
2. Bottner A, He RY, Sarbu A, Nainar SMH, Dufour D, Gong SG, et al. *Streptococcus mutans* isolated from children with severe-early childhood caries form higher levels of persisters. Arch Oral Biol. 2020;110:104601. Disponible: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003996919308477>
3. Krzyściak W, Jurczak A, Kościelniak D, Bystrowska B, Skalniak A. The virulence of *Streptococcus mutans* and the ability to form biofilms. Eur J Clin Microbiol Infect Dis. 2014;33(4):499–515. Disponible: <http://link.springer.com/10.1007/s10096-013-1993-7>
4. Zhang Y, Fang J, Yang J, Gao X, Dong L, Zheng X, et al. *Streptococcus mutans*-associated bacteria in dental plaque of severe early childhood caries. J Oral Microbiol. 2022;14(1):2046309. Disponible: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/20002297.2022.2046309>
5. Núñez DP, García Bacallao L. Bioquímica de la caries dental. Rev haban cienc méd. 2010;9(2):156–66. Disponible: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2010000200004
6. García Triana B, Delfín Soto O, Lavandero Espinoza A, Saldaña Bernabeu A. Principales proteínas salivales: Estructura, función y mecanismos de acción. Rev. habanera cienc. médi. 2012;11(4):450–6. Disponible: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2012000400004
7. Mulder R, Maboza E, Ahmed R. *Streptococcus mutans* growth and resultant material surface roughness on modified glass Ionomers. Front. oral. health. 2020;1(613384):1-15. Disponible: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/froh.2020.613384/full>
8. Daabash R, Alqahtani MQ, Price RB, Alshabib A, Niazy A, Alshaafi MM. Surface properties and *Streptococcus mutans* biofilm adhesion of ion-releasing resin-based composite materials. J Dent. 2023;134:104549. Disponible: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0300571223001355>
9. Wei C, Leung W, Burrow M. Evaluation of in vitro *Streptococcus mutans* and *Actinomyces naeslundii* attachment and growth on restorative materials surfaces. Aust Dent J. 2019;64(4):365–75. Disponible: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/adj.12715>
10. Spagnuolo G. Bioactive dental materials: The current status. Materials (Basel). 2022;15(6):2016. Disponible: <https://www.mdpi.com/1996-1944/15/6/2016>
11. Ferreira A, Trevelin M, Damasceno JE, Campos PV, Alves G, Baggio F et al. Effects of the incorporation of bioactive particles on physical properties, bioactivity and penetration of resin enamel infiltrant. Clin Cosmet Investig Dent. 2023;15:31-

43. Disponible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10010126/>
12. Feiz A, Nicoo MA, Parastesh A, Jafari N, Sarfaraz D. Comparison of antibacterial activity and fluoride release in tooth-colored restorative materials: Resin-modified glass ionomer, zirconomer, giomer, and cention N. Dent Res J (Isfahan). 2022;19(104):1-8. Disponible: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/36605145>
13. Calatrava LA. Materiales restauradores bioactivos. Pertinencia y desafíos. Acta odont venez. 2020;58(1). Disponible en: <https://www.actaodontologica.com/ediciones/2020/1/art-5/>
14. Hernández-Coronado P, Hernández-Ramírez A, Cedillo-Valencia J de J, Guízar-Mendoza JM. Materiales bioactivos para restauraciones directas en dientes posteriores. Rev. ADM. 2022;79(6):338-41. Disponible: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=108708>
15. Tipan Masapanta DE, Mazón Baldeón GM, Calderón-Paz MM. Riesgo de caries dental en Centros de Desarrollo Infantil de Riobamba, Ecuador. Rev. peru. cienc. salud. 2023;5(3):206-12. Disponible: <http://revistas.udh.edu.pe/index.php/RPCS/article/view/421e>
16. Sánchez L, Sáenz L, Molina N, Irigoyen ME, Alfaro P. Riesgo a caries. Diagnóstico y sugerencias de tratamiento. Rev. ADM [Internet]. 2018; 75(6):340-349. Disponible: <https://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2018/od186h.pdf>
17. Wiriyaatankun P, Sakoolnamarka R, Thanyasrisung P. The impact of an alkasite restorative material on the pH of *Streptococcus mutans* biofilm and dentin remineralization: an in vitro study. BMC Oral Health. 2022;22(1):334-43. Disponible: <https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12903-022-02354-4>
18. Ruengrungsom C, Burrow MF, Parashos P, Palamara JEA. Evaluation of F, Ca, and P release and microhardness of eleven ion-leaching restorative materials and the recharge efficacy using a new Ca/P containing fluoride varnish. J Dent. 2020;102:103474. Disponible: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32941973>
19. Caso Guerra RM, Campos Campos KJ. Propiedades y aplicación clínica de los ionómeros de vidrio de alta densidad disponibles en Lima-Perú. Odontol. sanmarquina. 2021;24(4):351-6. Disponible: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/odont/article/view/19854>
20. Rifai H, Qasim S, Mahdi S, Lambert MJ, Zarazir R, Amenta F, et al. In-vitro evaluation of the shear bond strength and fluoride release of a new bioactive dental composite material. J Clin Exp Dent. 2022;14(1):e55-63. Disponible: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/35070125>
21. Di Lauro A, Di Duca F, Montuori P, Dal Piva AM de O, Tribst JPM, Borges ALS, et al. Fluoride and calcium release from Alkasite and Glass Ionomer Restorative Dental Materials: In Vitro Study. J Funct Biomater. 2023;14(109):1-11. Disponible: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/36826908>
22. Gupta N, Jaiswal S, Nikhil V, Gupta S, Jha P, Bansal P. Comparison of fluoride ion release and alkalizing potential of a new bulk-fill alkasite. J Conserv Dent. 2019;22(3):296-9. Disponible: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31367117>
23. Aparajitha R V, Selvan PS, Ahamed AS, Bhavani S, Nagarajan V. Comparative evaluation of long-term fluoride release and antibacterial activity of an alkasite, nanoionomer, and glass ionomer restorative material - An in vitro study. J Conserv Dent. 2021;24(5):485-90. Disponible: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/35399765>
24. Francois P, Fouquet V, Attal JP, Dursun E. Commercially available fluoride-releasing restorative materials: A review and a proposal for classification. Materials (Basel). 2020;13(10):1-28. Disponible: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32443424>
25. Khalid H, Aleesa N, Grosjean M, Hill R, Wong F. Characterisation of a Bioactive SiO₂-CaO-CaF₂-Na₂O Glass Used in Composites. Dent. Mater. 2021;37(1):1-9. Disponible: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0109564120302712>
26. Dasgupta S, Saraswathi Mv, Somayaji K, Pentapati K, Shetty P. Comparative evaluation of fluoride release and recharge potential of novel and traditional fluoride-releasing restorative materials: An in vitro study. J Conserv Dent. 2018;21(6):622-26. Disponible: <http://www.jcd.org.in/text.asp?2018/21/6/622/245256>
27. Gunay A, Celenk S, Adiguzel O, Cangul S, Ozcan N, Eroglu Cakmakoglu E. Comparison of antibacterial activity, cytotoxicity, and fluoride release of glass ionomer restorative dental cements in dentistry. Med Sci Monit. 2023 Jan 23;29:e939065. Disponible: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/36683310>
28. Tiwari S, Kenchappa M, Bhayya D, Gupta S, Saxena S, Satyarth S, et al. Antibacterial activity and fluoride release of glass-ionomer cement, compomer and zirconia reinforced glass-ionomer cement. J Clin Diagn Res. 2016;10(4):ZC90-3. Disponible: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27190961>
29. Cosgun A, Bolgul B, Duran N. In vitro investigation of antimicrobial effects, nanohardness, and cytotoxicity of different glass ionomer restorative materials in dentistry. Niger J Clin Pract. 2019;22(3):422. Disponible: https://journals.lww.com/10.4103/njcp.njcp_429_18