

Propiedades anti-placa dental bacteriana de los principales materiales dentales empleados en consultas estomatológicas

Effect of the main materials used in dental practice against the formation of bacterial dental plaque

Alain Manuel Chaple Gil

Clínica Estomatológica "Ana Betancourt", Playa. Facultad de Ciencias Médicas "Victoria de Girón".
Universidad de Ciencias Médicas de La Habana, Cuba.

RESUMEN

Introducción: la placa dental bacteriana y las biopelículas se forman tanto en tejidos dentales duros como en los blandos; constituye la mayor causa de formación de caries dental y de enfermedades periodontales en los pacientes afectados. **Objetivo:** identificar las propiedades anti-placa dental bacteriana de los materiales dentales más empleados en consultas estomatológicas a través de una revisión bibliográfica. **Métodos:** se realizó una revisión bibliográfica sobre las propiedades anti-biopelícula de los principales materiales dentales utilizados en consultas estomatológicas. Los criterios de inclusión fueron: las propiedades de inhibición, formación y/o desarrollo de placa dental bacteriana en la superficie de los cementos dentales empleados en endodoncia, cementos dentales de uso frecuente como el óxido de zinc, Policarboxilato e ionómero vítreo; materiales de restauración definitiva como resinas compuestas y aleaciones de plata. Los buscadores de información y plataformas empleados fueron: SciELO, HINARI, y MEDLINE. Se revisaron 21 revistas de impacto relacionadas con el tema. Se obtuvo aproximadamente 899 artículos de los cuales solo 39 fueron incluidos en el estudio. El 52,6 % de los artículos fue de los últimos 5 años. **Análisis e integración de los resultados:** se expone el mecanismo del efecto y propiedades anti-placa dental bacteriana de algunos cementos dentales, de materiales empleados en endodoncia y de materiales de restauración permanente. **Conclusiones:** la revisión de la literatura indica que de los materiales dentales que se emplean, las resinas compuestas resultaron ser las que más favorecen la formación de placa dental bacteriana seguidas de la amalgama de plata. Los cementos para tratamientos endodónticos presentaron cualidades favorables para la inhibición de la formación de biopelícula dental y los cementos con compuestos de zinc, pH elevado y liberadores de flúor mostraron cualidades óptimas en la inhibición y no formación de biopelícula.

Palabras clave: placa dental, adhesión bacteriana, materiales dentales.

ABSTRACT

Introduction: bacterial dental plaque and biofilms are formed in hard and soft dental tissue alike. They are the main cause of dental caries and periodontal disease in the patients affected. **Objective:** identify the effect of the materials most commonly used in dental practice against the formation of bacterial dental plaque. **Methods:** a bibliographic review was conducted about the antibiofilm properties of the main materials used in dental practice. The inclusion criteria were the following: inhibitory properties, formation and/or development of bacterial dental plaque on the surface of dental cements used in endodontics, commonly used dental cements such as zinc oxide, polycarboxylate and glass ionomer, permanent restoration materials such as composite resins and silver amalgam. Data were obtained from the search engines and platforms SciELO, HINARI and MEDLINE. A review was conducted of 21 high impact journals dealing with the topic. About 899 papers were obtained, of which only 39 were included in the study. 52.6 % of the papers had been published in the last five years. **Integration of results:** a description is provided of the effect of several dental cements, materials used in endodontics and permanent restoration materials against the formation of bacterial dental plaque. **Conclusions:** according to the bibliographic review conducted, the materials that most commonly enable the formation of bacterial dental plaque are composite resins, followed by silver amalgam. Cements used in

endodontic treatment were found to have antifilm properties, whereas cements with zinc compounds, high pH and fluoride releasing capacity exhibited optimal inhibitory and antifilm properties.

Key words: dental plaque, bacterial adhesion, dental materials.

Correspondencia: Alain Manuel Chaple Gil. Clínica Estomatológica "Ana Betancourt", Playa. Universidad de Ciencias Médicas de La Habana. Facultad de Ciencias Médicas "Victoria de Girón", Cuba. Correo electrónico: chaple@infomed.sld.cu

INTRODUCCIÓN

Las biopelículas se forman en la mayoría de las superficies expuestas al medio ambiente natural, incluyendo la boca de los seres humanos. Recientes análisis moleculares de muestras de microorganismos bucales utilizando pirosecuencias, han demostrado que en una boca de un individuo existe un aproximado de quinientas especies de bacterias; ubicando a la cavidad bucal como un complejo ecosistema estructural y dinámico en el cual es común la aparición de la biopelícula polimicrobiana.¹⁻³

La placa dental bacteriana (PDB) o biofilm (BF), término este último que se utiliza en la literatura científica de habla inglesa, se forma tanto en tejidos dentales duros como en blandos. Es la mayor causa de formación de caries dental y de enfermedades periodontales de los pacientes afectados.¹ A causa de esta, se realizan tratamientos de pulporradiculares, restauraciones y procedimientos que se emplean para la erradicación de las causas de las infecciones bucales; se colocan materiales dentales (sellantes de fosas y fisuras, resinas compuestas, etc.) en diferentes áreas de la boca para mantener las funciones bucales. Sin embargo, ninguno de estos tratamientos puede garantizar la eliminación parcial o completa de la PDB o prevenir infecciones secundarias, por tanto la responsabilidad de éxito clínico a largo plazo es transferida a las propiedades antimicrobianas de los materiales dentales utilizados.^{1,2}

Luego del control de la infección bucal inicial, los materiales dentales se colocan en tejidos sanos del diente a los que las sustancias, alimentos, líquidos y la PDB se adhieren.⁴ Atendiendo a la localización de dónde se forma la biopelícula, y a las características de los materiales dentales, las consecuencias pueden ser positivas o negativas.^{3,5} La biopelícula formada sobre

las resinas compuestas no solo degrada el material, sino que también resulta en una infección de la interface resina-tejido dentario, que termina en una caries secundaria o en una enfermedad pulpar infecciosa.⁶ La persistencia de PDB en dientes tratados endodónticamente puede producir la aparición de enfermedades periodontales y/o periapicales. Por lo tanto, el desarrollo de materiales dentales que favorezcan la no aparición y/o formación de PDB es un tema crítico en el control de enfermedades bucales.^{3,5,7,8} Los materiales dentales anti-biopelícula empleados han sido definidos:

1. Inhibidores de la adhesión inicial.
2. Inhibidores del crecimiento de la placa.
3. Inhibidores de la actividad bacteriana en la biopelícula.
4. Eliminadores de bacterias de la biopelícula.
5. Separadores de la biopelícula.³

La finalidad del desarrollo de materiales dentales con propiedades anti-PDB, es el de mejorar la salud y reducir la incidencia de enfermedades en la cavidad bucal. Muchas investigaciones han estado orientadas al estudio de las características de la acumulación y adhesión de la biopelícula,⁹ así como también a modificar la composición de los materiales dentales con compuestos liberadores de sustancias antimicrobianas.^{3,5} La mayoría de estos estudios se enfocan en observar algunas interacciones existentes en estudios realizados in vitro.

El objetivo de este trabajo fue identificar las propiedades anti-placa dental bacteriana de los materiales dentales más empleados en consultas estomatológicas, a partir de una revisión bibliográfica.

MÉTODOS

Se realizó una revisión bibliográfica de noviembre de 2014 a marzo del 2015, sobre las propiedades anti-placa dental bacteriana de los principales materiales dentales utilizados en consultas estomatológicas.

Los criterios de inclusión en la búsqueda fueron: las propiedades de inhibición, formación y/o desarrollo de PDB en la superficie de los cementos dentales empleados en endodoncia, cementos dentales de uso frecuente como el óxido de zinc, Policarboxilato de zinc e ionómero de vidrio. Además de los materiales de restauración definitiva tales como las resinas compuestas y aleaciones de plata. Se excluyeron el resto de los artículos referentes a otros materiales dentales.

Esta revisión se realizó a través de los buscadores de información y plataformas: SciELO, HINARI, Y MEDLINE. Se revisaron 21 revistas de impacto de la Web of Sciences relacionadas con este tema: Journal Endodontics, Biomaterials, Clinical Oral Investigation, Dental Materials, European Journal of Dental Science, Restorative Dental Endodontics, entre otras.

Los descriptores empleados fueron: "dental plaque", "dental biofilm", "bacterial adhesión", "dental materials", "antibacterial", la combinación entre ellos y sus equivalentes en español. Con el fin de ampliar el espectro de búsqueda, fueron empleados otros términos y frases no registradas en los descriptores de Ciencias de la Salud: "propiedades anti-biopelícula materiales dentales", "materiales dentales inhibidores placa dental bacteriana" y sus equivalentes en inglés.

Predominó el idioma inglés en los artículos revisados; solamente se analizó un artículo en español.

El resultado de la búsqueda arrojó un aproximado de 899 artículos que fueron filtrados por el autor con el propósito de conservar solo los que trataron las temáticas específicas incluidas en los criterios de la investigación. De esta manera el estudio se circunscribió a 39 publicaciones científicas.

Para el procesamiento de la información se elaboró una base de datos en Excel y se importó a Statistica para Windows versión 8.0, donde se reagruparon todos los artículos revisados; se procesaron según la revista científica de origen y el año de publicación. Los artículos revisados habían sido publicados durante los últimos 5 años (52,6 %).

ANÁLISIS E INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN

MECANISMO DEL EFECTO ANTI-BIOPELÍCULA DE LOS MATERIALES DENTALES

Adicionar sustancias antimicrobianas, sería la mejor opción para fabricar materiales dentales con propiedades anti-biopelícula. Li,¹ Zhejun⁴ y otros, asumen que el fluoruro es un agente anticariogénico y que puede ser liberado por materiales restauradores dentales; por ejemplo, el ionómero de vidrio,¹⁰ compómeros de resinas compuestas y pastas dentífricas.¹¹ Según las investigaciones de Moons,⁵ Busscher⁶ y otros, los mecanismos posibles por los cuales el fluoruro puede interferir con el metabolismo bacteriano y tener una acción ácidoide sobre la placa incluyen: la inhibición del enlace de la enzima glicolítica y el ATPasa que se forma por la extrusión del protón; así como también la competición y colonización bacteriana. Además, las enzimas intracelulares o asociadas de la PDB como la ácido fosfatasa, pirofosfatasa, peroxidasa y catalasa pueden ser afectadas por iones del fluoruro.^{1,4,11,12}

Wiegand,¹³ Neelakantan¹⁴ y otros han demostrado que el uso de partículas de plata en materiales dentales puede ser beneficioso para la inhibición de la PDB. Los iones de plata liberados en un medio acuoso pueden adherirse a la membrana bacteriana y penetrar en la biopelícula, lo cual causa inactivación bacteriana e impide la réplica de ADN modificando los grupos sulfidrilos del metabolismo enzimático de los electrones en la cadena de transporte.^{4,13-15}

Un material dental antimicrobiano ideal sería aquel que pudiera combinar un alto grado de liberación de sílica, pH elevado y una alta capacidad de buffer alcalino. Los efectos anti-placa de materiales dentales biocerámicos podrían estar asociados a los procesos de biomineralización inducidos

por fosfatos/silicatos de calcio de sus componentes.¹⁶ Investigaciones de Waltimo¹⁷ y otros revelan que la humedad proveniente del medio bucal promueve reacciones de hidratación que se encargan de la producción, por consiguiente, de silicatos de calcio e hidróxidos de calcio lo cual eleva el pH y desfavorece la formación de PDB. Además, la sílica que se disuelve en un ambiente de pH elevado puede inhibir la actividad bacteriana.^{4,18,19}

EFFECTO ANTI-PLACA DE ALGUNOS CEMENTOS DENTALES

Los planteamientos anteriores demuestran que los cementos de fosfato de zinc y el hidróxido de calcio, son materiales dentales con propiedades anti-PDB,⁴ pero como estos, generalmente, no quedan expuestos al medio bucal en la terapéutica estomatológica^{1,4} no fueron objeto de estudio de esta investigación.

El óxido de zinc (ZnO) y el cemento de policarboxilato de zinc también tienen propiedades anti-biopelícula por la liberación de iones de oxígeno y zinc. Así lo refieren Li,¹ He20 y otros, quienes demostraron que con la oxigenación con H₂O₂ de algunas especies bacterianas, se puede inhibir el crecimiento de microorganismos del plancton. Además Li,¹ Zhejun⁴ y sus colaboradores describen otro mecanismo potencial antimicrobiano que proviene de la liberación, de estos cementos, de iones Zn²⁺ los cuales inhiben el transporte y el metabolismo de los azúcares, desestabilizando el sistema de la placa dental bacteriana por intercambio de iones de magnesio, esenciales para la actividad enzimática de esta. El zinc puede reducir la producción de ácidos del *S. mutans* contenido en la biopelícula debido a la inhibición de la actividad de la enzima glucosil transferasa.^{1,4,19,20}

Ionómeros de vidrio

Los ionómeros de vidrio son los cementos más cariostáticos y en algunos casos los más antibacterianos, debido a su alto grado de liberación de fluoruros, lo cual ayuda a realzar la remineralización e inhibe el crecimiento bacteriano.^{1,4,11} Sin embargo, los estudios clínicos de Waltimo¹⁷ han encontrado que las caries secundarias fueron causantes del fracaso del empleo de estos, lo cual indica que la liberación de fluoruros por los cementos de ionómero de vidrio no es

suficientemente fuerte para inhibir el crecimiento microbiano o limitar la destrucción dental a causa de las bacterias.^{1,21,22}

Independientemente de lo planteado sobre los principales cementos dentales empleados en consultas estomatológicas, conviene señalar que el óxido de zinc, el cemento de policarboxilato de zinc, y los ionómeros de vidrio no deben permanecer un largo periodo de tiempo como restauraciones temporales, ya que son materiales que no están diseñados para soportar cargas masticatorias. De esta forma propiciarían la aparición de microfiltraciones en la interfaz tejido dentario-material de restauración, lo que favorece la reinfección por caires dental y el efecto anti-placa dental bacteriana de estos no contrarrestaría la ocurrencia de este hecho.

EFFECTO ANTI-PLACA DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN ENDODONCIA

Los selladores de conductos radiculares con base en su composición de eugenol, exhiben consistentes propiedades antimicrobianas. Diversos autores como Li,¹ Fuss,²³ Heyder,²⁴ Willershausen,²⁵ Baer,²⁶ Ma²⁷ y sus colaboradores, han demostrado que los selladores de conductos con compuesto de eugenol, realizan una inhibición del crecimiento bacteriano hasta siete días después de haber sido colocado en la cavidad bucal. Los efectos antimicrobianos de las pastas selladoras que contienen eugenol pueden deberse a la alta concentración de eugenol o a la función del pH. Sin embargo, un estudio realizado recientemente de varios selladores de conductos, arrojó que no existió una inhibición del crecimiento bacteriano significativo, posiblemente por la formulación o composición de estos materiales estudiados.^{1,23-27}

A pesar de que las pesquisas sobre el tema son controversiales no debemos perder la perspectiva de que en cualquier tratamiento pulporradicular realizado se debe garantizar la eliminación de la actividad bacteriana proliferativa en el interior de los conductos radiculares. Se suma a esto, que los selladores de conductos jugarían un papel profiláctico y preventivo en la aparición de reinfecciones.

EFFECTO ANTI-PLACA DE MATERIALES DE RESTAURACIÓN

Aleaciones metálicas

La adhesión de placa dental bacteriana a superficies de materiales dentales metálicos ha sido reportada tanto en estudios in vitro como in vivo por Lyttle,²⁸ Ready,²⁹ Auschill³⁰ y otros.

Estudios de Sawant³¹ y otros han demostrado que en restauraciones de amalgama recién colocadas existe una liberación de mercurio que reduce la actividad microbiana de la placa dental, pero que no afecta la formación de esta. El espesor de la placa dental bacteriana en una superficie de restauración de amalgama aumenta en 17 µm en cinco días. La liberación de compuestos tóxicos de la amalgama podrían afectar la distribución bacteriana de la placa, pero se ha descubierto un sinnúmero de bacterias que son resistentes al mercurio luego de 48 horas de ser expuestas a este material.^{1,31}

La presencia de biopelícula en la superficie de aleaciones de oro fue encontrada con muy poca viabilidad, probablemente debido a su capacidad inerte que desfavorece el crecimiento de la biopelícula y su adhesión específica.³⁰

Beyth³² y otros alegan que la amalgama de plata inhibe completamente el crecimiento de *S. mutans* y *Actinomyces viscosus* en la placa dental bacteriana. Efecto que dura al menos una semana. Además plantean que la placa dentobacteriana se acumula mucho menos en aleaciones de amalgama que en resinas compuestas y que las nanoresinas polimerizables han exteriorizado características anti-biopelícula más fuertes que el oro.^{1,28-30,32}

La amalgama de uso estomatológico es en nuestros días un material de restauración bien acogido por el gremio estomatológico y las investigaciones han demostrado su eficacia en el tratamiento restaurador de la caries dental.^{15,19,31} Para evitar la formación de PDB y/o la disminución de la actividad bacteriana en su superficie, es recomendable el pulido de la misma entre las 24 y 48 h posteriores a su colocación.

Resinas compuestas

Uno de los defectos principales de las resinas compuestas es que acumulan más biopelícula in vivo que otros materiales de restauración. Estudios de Li,¹ Ionescu³³ y otros, indican que la aspereza de las resinas está estrechamente vinculada con el aumento o no de la adhesión y formación de placa dental bacteriana en su superficie. Los intentos por minimizar la formación de biopelícula en las resinas han enfocado la atención en la creación de materiales que no creen condiciones favorables para la adhesión y formación de placa dental y han incluido el desarrollo de resinas compuestas de baja aspereza y propiedades hidrofílicas elevadas.

El pulido y el acabado ha sido el efecto más pronunciado de las resinas compuestas. Ono³⁴ y otros han reportado que de esto depende el aumento o la disminución de la formación de biopelícula.

Pero el pulido y acabado no lo es todo para evitar la formación de placa dental bacteriana en este tipo de materiales de restauración. Otros trabajos, como los de Fan,³⁵ Pandit³⁶ y otros, indican que el efecto de pulido en las resinas compuestas podría conducir al incremento de proteínas de unión en la superficie con la consiguiente formación de biopelícula. La diferencia pudiera estar atribuida a las condiciones en que se realizó el pulido, al crecimiento y tensión bacteriana y el método utilizado para realizar el análisis.^{4,35,36}

En contraste, no se ha encontrado correlación entre la textura de la superficie de las resinas compuestas y la adherencia de hongos (*C. albicans*). Burgers³⁷ y otros probaron diez resinas compuestas y encontraron que ninguna de ellas tuvo ninguna propiedad antifungoidea en comparación con el referente de ionómero de vidrio.¹ Sin embargo, recientemente un silicato fue modificado orgánicamente, y se obtuvo una resina de múltiples funciones, entre las que se destacan la de tener un efecto que elimina, al contacto, las bacterias *S. mutans* y *A. naeslundii* de la placa dentobacteriana y la inhibición de la adhesión de la *C. albicans* en la superficie de la misma.^{1,4,36}

Otros tipos de resinas compuestas antibacteriales adicionan plata (Ag) a las partículas de su contenido. Estas reducen la viabilidad de la biopelícula e inhiben el

crecimiento bacteriano. Estudios de Li,¹ Zhejun⁴ y otros, indican que las nanopartículas de plata sintetizadas en las resinas compuestas inhiben el crecimiento de la biopelícula.

Para prevenir las caries secundarias y la degradación del material, se han desarrollado resinas compuestas que liberan agentes antibacterianos. Investigaciones de Fan,³⁵ Pandit³⁶ y otros, han demostrado que resinas compuestas liberadoras de fluoruros, podrían contribuir en al decrecimiento de la composición cariogénica de la biopelícula dental si la cantidad de flúor liberado es apropiada atendiendo a los estadios iniciales de la formación de la biopelícula. Kim^{38,39} y colaboradores alegan que los principales compuestos añadidos a las resinas para que realicen su actividad anti-PDB son: cloruro cetilpiridinium, ácido ursólico y chitosán.

CONCLUSIONES

Según el resultado de esta revisión bibliográfica, de los materiales dentales que se emplean, las resinas compuestas resultaron ser las que más favorecen la formación de placa dental bacteriana seguidas de la amalgama de plata. Los cementos para tratamientos endodónticos presentaron cualidades favorables para la inhibición de la formación de biopelícula dental y los cementos con compuestos de zinc, pH elevado y liberadores de flúor mostraron cualidades óptimas en la inhibición o formación de biopelícula.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Li L, Finnegan MB, Özkan S, Kim Y, Lillehoj PB, Ho CM, et al. In vitro study of biofilm formation and effectiveness of antimicrobial treatment on various dental material surfaces. *Mol Oral Microbiol.* 2010 Dec;25(6):384-90. doi: 10.1111/j.2041-1014.2010.00586.x.
- Baer J, Maki JS. In vitro evaluation of the antimicrobial effect of three endodontic sealers mixed with amoxicillin. *J Endod.* 2010;36(7):1170-3
- Nasco-Hidalgo N, Gispert-Abreu E, Roche-Martínez A, Alfaro-Mon M, Pupo-Tiguero R. Factores de riesgo asociados a lesiones incipientes de caries dental en niños. *Rev Cub Estomatología [Internet].* 2013 [citado 2015 Feb 19];50(2):[aprox 1 página]. Disponible en: <http://www.revestomatologia.sld.cu/index.php/est/article/view/190>
- Zhejun W, Shen Y, Haapasalo M. Dental materials with antibiofilm properties. *Dent Mater.* 2014;30(2):e1-e16
- Moons P, Michiels CW, Aertsen A. Bacterial interactions in biofilms. *Crit Rev Microbiol.* 2009;35(3):157-68.
- Busscher HJ, Rinastiti M, Siswomihardjo W, van der Mei HC. Biofilm formation on dental restorative and implant materials. *J Dent Res.* 2010;89(7):657-65.
- Beyth N, Bahir R, Matalon S, Domb AJ, Weiss EI. *Streptococcus mutans* biofilm changes surface-topography of resin composites. *Dent Mater.* 2008;24(6):732-6.
- Marsh PD. Controlling the oral biofilm with antimicrobials. *J Dent.* 2010 Jun;38 Suppl 1:S11-S15. doi: 10.1016/S0300-5712(10)70005-1.
- Shen Y, Stojicic S, Haapasalo M. Bacterial viability in starved and revitalized biofilms: comparison of viability staining and direct culture. *J Endod.* 2010;36(11):1820-3.
- Zijng V, van Leeuwen MB, Degener JE, Abbas F, Thurnheer T, Gmur R, et al. Oral biofilm architecture on natural teeth. *PLoS ONE.* 2010;5(2):e9321
- Karantakis P, Helvatjoglou-Antoniades M, Theodoridou-Pahini S, Papadogiannis Y. Fluoride release from three glass ionomers, a compomer, and a composite resin in water, artificial saliva, and lactic acid. *Oper Dent.* 2000;25(1):20-5.
- Vercruyssen CW, De Maeyer EA, Verbeeck RM. Fluoride release of polyacid-modified composite resins with and without bonding agents. *Dent Mater.* 2001;17(4):354-8.
- Wiegand A, Buchalla W, Attin T. Review on fluoride-releasing restorative materials—fluoride release and uptake characteristics, antibacterial activity and influence on caries formation. *Dent Mater.* 2007;23(3):343-62.
- Neelakantan P, Rao CV, Indramohan J. Bacteriology of deep carious lesions underneath amalgam restorations with different pulp-capping materials—an in vivo analysis. *J Appl Oral Sci.* 2012;20(2):139-45.
- De Giglio E, Cafagna D, Cometa S, Allegretta A, Pedico A, Giannossa LC. An innovative, easily fabricated, silver nanoparticle-based titanium implant coating: development and analytical characterization. *Anal Bioanal Chem.* 2013;405(2-3):805-16.
- Li F, Chai ZG, Sun MN, Wang F, Ma S, Zhang L. Anti-biofilm effect of dental adhesive

- with cationic monomer. *J Dent Res.* 2009;88(4):372-6.
17. Waltimo T, Brunner TJ, Vollenweider M, Stark WJ, Zehnder M. Antimicrobial effect of nanometric bioactive glass 45S5. *J Dent Res.* 2007;86(8):754-57.
18. Zhang H, Shen Y, Ruse ND, Haapasalo M. Antibacterial activity of endodontic sealers by modified direct contact test against *Enterococcus faecalis*. *J Endod.* 2009;35(7):1051-5.
19. Liao J, Anchun M, Zhu Z, Quan Y. Antibacterial titanium plate deposited by silver nanoparticles exhibits cell compatibility. *Int J Nanomed.* 2010;5:337-42.
20. He G, Pearce EI, Sissons CH. Inhibitory effect of ZnCl₂ on glycolysis in human oral microbes. *Arch Oral Biol.* 2002;47(2):117-29.
21. Zehnder M, Waltimo T, Sener B, Soderling E. Dentin enhances the effectiveness of bioactive glass S53P4 against a strain of *Enterococcus faecalis*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;101(4):530-5.
22. Carlen A, Nikdel K, Wennerberg A, Holmberg K, Olsson J. Surface characteristics and in vitro biofilm formation on glass ionomer and composite resin. *Biomaterials.* 2001;22(5):481-7.
23. Fuss Z, Charniaque O, Pilo R, Weiss E. Effect of various mixing ratios on antibacterial properties and hardness of endodontic sealers. *J Endod.* 2000;26(9):519-22.
24. Heyder M, Kranz S, Volpel A, Pfister W, Watts DC, Jandt KD. Antibacterial effect of different root canal sealers on three bacterial species. *Dent Mater.* 2013;29(5):542-9.
25. Willershausen I, Callaway A, Briseño B, Willershausen B. In vitro analysis of the cytotoxicity and the antimicrobial effect of four endodontic sealers. *Head Face Med.* 2011 Aug 10;7:15. doi: 10.1186/1746-160X-7-15.
26. Baer J, Maki JS. In vitro evaluation of the antimicrobial effect of three endodontic sealers mixed with amoxicillin. *J Endod.* 2010;36(7):170-3.
27. Ma J, Shen Y, Stojicic S, Haapasalo M. Biocompatibility of two novel root repair materials. *J Endod.* 2011;37(6):793-8.
28. Lyttle HA, Bowden GH. The level of mercury in human dental plaque and interaction in vitro between biofilms of *Streptococcus mutans* and dental amalgam. *J Dent Res.* 1993;72(9):1320-4.
29. Ready D, Qureshi F, Bedi R, Mullany P, Wilson M. Oral bacteria resistant to mercury and to antibiotics are present in children with no previous exposure to amalgam restorative materials. *FEMS Microbiol Lett.* 2003;223(1):107-11.
30. Ausschill TM, Arweiler NB, Brex M, Reich E, Sculean A, Netuschil L. The effect of dental restorative materials on dental biofilm. *Eur J Oral Sci.* 2002;110(1):48-53.
31. Sawant SN, Selvaraj V, Prabhawathi V, Doble M. Antibiofilm properties of silver and gold incorporated PU, PCLm, PC and PMMA nanocomposites under two shear conditions. *PLoS ONE.* 2013;8(5):e63311
32. Beyth N, Domb AJ, Weiss EI. An in vitro quantitative antibacterial analysis of amalgam and composite resins. *J Dent.* 2007;35(3):201-6.
33. Ionescu A, Wutscher E, Brambilla E, Schneider-Feyrer S, Giessibl FJ, Hahnel S. Influence of surface properties of resin-based composites on in vitro *Streptococcus mutans* biofilm development. *Eur J Oral Sci.* 2012;120(5):458-65.
34. Ono M, Nikaido T, Ikeda M, Imai S, Hanada N, Tagami J. Surface properties of resin composite materials relative to biofilm formation. *Dent Mater J.* 2007;26(5):613-22.
35. Fan C, Chu L, Rawls HR, Norling BK, Cardenas HL, Whang K. Development of an antimicrobial resin—a pilot study. *Dent Mater.* 2011;27(4):322-8.
36. Pandit S, Kim GR, Lee MH, Jeon JG. Evaluation of *Streptococcus mutans* biofilms formed on fluoride releasing and non fluoride releasing resin composites. *J Dent.* 2011;39(11):780-7.
37. Burgers R, Schneider-Brachert W, Rosentritt M, Handel G, Hahnel S. *Candida albicans* adhesion to composite resin materials. *Clin Oral Investig.* 2009;13(3):293-9.
38. Kim JS, Shin DH. Inhibitory effect on *Streptococcus mutans* and mechanical properties of the chitosan containing composite resin. *Restor Dent Endod.* 2013;38(1):36-42.
39. Kim S, Song M, Roh BD, Park SH, Park JW. Inhibition of *Streptococcus mutans* biofilm formation on composite resins containing ursolic acid. *Restor Dent Endod.* 2013;38(1):65-72.

Recibido: 2015-04-17
Aprobado: 2015-05-23