

Nanopartículas en los adhesivos de ortodoncia

Carrillo Sierra Jazmín, Gutiérrez Rojo Jaime Fabián***

Resumen

El tamaño de las nanopartículas es inferior a 100nm, tienen el beneficio de que son insolubles adquiriendo así la posibilidad de mezclarse con materiales dentales como por ejemplo a los adhesivos. Existen varias ventajas de utilizar nanopartículas en los adhesivos, principalmente se utilizan por su efecto antibacteriano. Las nanopartículas más utilizadas son las de plata, óxido de cobre, titanio, oro, zinc y la polietilenoimina de amonio cuaternario. Se han publicado artículos donde se ha observado que no afectan la adhesión y otros en los que se mejora. El único inconveniente sería la citotoxicidad, por lo que es necesario utilizar las nanopartículas en las concentraciones adecuadas.

Palabras clave: Nanopartículas, adhesivos, ortodoncia.

Abstract

The size of the nanoparticles is less than 100nm and they have the benefit of being insoluble, thus acquiring the possibility of mixing with dental materials such as adhesives. There are several advantages of using nanoparticles in adhesives, mainly they are used for their antibacterial effect. The most commonly used nanoparticles are silver, copper oxide, titanium, gold, zinc and quaternary ammonium polyethyleneimine. Articles have been published where it has been observed that they do not affect adherence and others in which it is improved. The only drawback would be cytotoxicity, which is why it is necessary to use the nanoparticles in the right concentrations.

Key words: Nanoparticles, adhesives, orthodontics.

* Estudiante de la Especialidad de Ortodoncia de la Universidad Autónoma de Nayarit.

** Docente de la Especialidad de Ortodoncia de la Universidad Autónoma de Nayarit.

Introducción

Tras el uso continuo de aparatología fija la adherencia de microorganismos como el *S. Mutans* van facilitando la formación de biofilm y ácidos causantes de las desmineralizaciones al esmalte originando manchas blancas aunado a la falta de higiene o dificultad de la misma.¹

A lo largo del tiempo se han ido adicionando nanopartículas de diferentes tipos de elementos químicos como antimicrobianos como los iones de plata que tienen el efecto de inhibir tanto a las bacterias gramnegativas como a las positivas.² Así como solidez química, alta conductibilidad, actividad catalítica y resonancia de plasma de la superficie.³

Al aplicar flúor se ha encontrado la disminución de la incidencia de dientes con desmineralización (manchas blancas) y de dientes con caries, sin embargo, por sí solo del flúor no va a eliminar la caries.^{4,5} Para esto algunos materiales dentales se les han ido incorporando nanomoléculas para inhibir las bacterias. Se han demostrado estudios experimentales donde se ha reducido el recuento de bacterias con adhesivos con nanopartículas que en adhesivos que no las tienen, como, por ejemplo: las nanopartículas de plata / hidroxiapatita al 5%, las cuales tenían excelentes bondades antimicrobianas sin afectos adversos a las pruebas de cizallamiento.^{6,7}

El uso de plata se ha empleado en contra de varias enfermedades producidas por bacterias gran positivo y gran negativo.⁸ Son muchos los

beneficios de la plata dadas sus propiedades antibacterianas por tener una superficie muy grande que da un mejor contacto con los microorganismos adhiriéndose a la membrana celular y penetrar en el interior de la bacteria provocando un corte de la cadena respiratoria bloqueando los canales iónicos produciendo su muerte. En un estudio que se realizó aplicando nanopartículas de plata en la base del bracket mostro que es eficiente para la inhibición del crecimiento del *S. Mutans* por un largo plazo y así reducir la caries superficial alrededor de los brackets.⁹ El *S. Mutans* es la bacteria con mayor frecuencia encontrada en boca en un 70-90% de la población dentada.¹⁰

El tamaño de las nanopartículas es inferior a 100nm, tienen el beneficio de que son insolubles adquiriendo así la posibilidad de mezclarse con materiales dentales como por ejemplo a los adhesivos y a otros aparatos de ortodoncia convencionales. Las nanopartículas de plata tienen efectos antibacterianos afectando principalmente la mitocondria, se ha encontrado una nula toxicidad con los tejidos humanos cuando se usan en bajas concentraciones.^{6,11,12}

También se han utilizado nanopartículas de titanio, cobre, oro y zinc por sus propiedades antimicrobianas lo que las hace de gran interés para el área de la salud. En un estudio se analizaron las bases de unos brackets recubiertas con nanopartículas de plata, se demostró que el *S. Sobrinus* tiene más adherencia a las superficies que el *S. Mutans*.^{11,13} Argueta y cols. utilizaron nanopartículas de plata en el adhesivo encontrando efectos antibacterianos en *S. Aureus*, *E. Coli* y *E. Faecalis*.¹⁴

Los estreptococos son los que mejor se adhieren a los adhesivos de ortodoncia, para lo cual se han incorporado a los adhesivos de ortodoncia nanopartículas para poder controlar la adhesión

del biofilm sin afectar las características físicas y químicas de los adhesivos y llevar así su rendimiento sin complicaciones. Al adherir nanopartículas de plata se ha demostrado que se reduce significativamente la adhesión de los estreptococos cariogénicos al adhesivo conservando sus propiedades adhesivas.¹⁵

La adición de nanomoléculas a los adhesivos con la combinación de nanopartículas como la plata (AgNps) y la Hidroxiapatita (HA) al 1% no producen inhibición de bacterias, sin embargo cuando el porcentaje aumenta a 5% ya proporcionan características antibacterianas ideales y no comprometen la fuerza de unión al cizallamiento y favorece la remineralización de lesiones iniciales en el esmalte.¹⁶ A su vez se ha informado que las resinas con añadidos de AgNps poseen los mismos beneficios.¹⁷ Sin embargo, en otros estudios se ha demostrado que las nanopartículas de plata / hidroxiapatita disminuyen la fuerza de unión al cizallamiento a medida que aumenta su concentración de los elementos.¹⁸ Otra de las ventajas de las nanopartículas de plata es que se mantienen con el tiempo.¹⁹

El uso de nanopartículas de Oxido de Cu (CuO) al 1% o poco menos han resultado con beneficios al incorporar en pruebas con adhesivos, los cuales se menciona de la buena resistencia a la unión al cizallamiento o inclusive un poco más a diferencia de los adhesivos que no se les incorpora el CuO no tiene gran diferencia significativa se ha demostrado que existe inhibición de la colonización del *S. Mutans*.²⁰

Los adhesivos compuestos experimentales (ECA) se les han agregado nanopartículas de plata y nanocargas de sílice, se estudió como actúan ante la presencia de cepas de *S. Mutans* y *S. Sobrinus* dando como resultado menos adhesión de bacterias aun cuando hay presencia de saliva

ya que la plata pudo atravesar la capa de saliva. En las pruebas de cizallamiento (SBS) no hubo diferencias significativas.²¹

Una de las propiedades ideales para los adhesivos con incorporaciones de nanopartículas de Cobre (Cu), es que sean antibacterianas y tengan efectos sobre las fuerzas de unión al cizallamiento (SBS), las cuales se demuestran en un estudio realizado en México la cual demostró que los adhesivos que tienen el 0.01% de Np Cu tiene propiedades antibacteriales (S. Mutans, E. Coli, S Aerus) alrededor del soporte del bracket así como en la interface entre el adhesivo y el esmalte; y a su vez teniendo un SBS superior a los valores reportados para la práctica clínica.²²

La incorporación de nanopartículas de triclosán a través de nanotúbulos de halloysita son una opción para agregarlos a los adhesivos como agentes antimicrobianos. Cuanto mayor es la concentración de nanopartículas de triclosán en un nanotúbulo halloysita el adhesivo tendrá menos agregación bacteriana y sus propiedades adhesivas no se verán afectadas en la fuerza de adhesión en el esmalte. Con esto nos ayudara a prever la desmineralización del esmalte que sufre con un PH bajo debido a la acumulación de placa dentobacteriana.¹⁷ Castro y cols. al utilizar nanopartículas de Óxido de Zinc y Cobre en el sistema adhesivo, encontraron en ambas el mismo número de unidades formadoras de colonia.²³ Alvarado y cols. encontraron la misma cantidad de S. Mutans antes y después de aplicar el adhesivo con estas nanoparticlas.²⁴

Titanio

Las nanopartículas de Dióxido de Titanio (TiO₂) presentan el beneficio de tener mejores propiedades antibacterianas comparadas con la Clorhexidina.²⁵ Otro de los beneficios importantes es que estas nanopartículas no afectan la adhesión.²⁶

La polietilenimina de Amonio Cuaternario (QPEI) en su forma de nanopartículas han demostrado tener efectos contra el S. Mutans ya que esta sustancia actúa en la destrucción de la pared celular de la bacteria. Se ha demostrado que la nanopartícula de Amonio Cuaternario al 1% disminuye el biofilm del S. Mutans un 34.10% y un 60% de L. Casei. Esta nanopartícula es integrada en la matriz del material lo que lo hace estable químicamente y menos toxica.²⁷

A comparación de otro estudio se determinó que las nanopartículas de QPEI en un porcentaje de 1.5%, la inhibición del crecimiento bacteriano fue mayor y en cuestión de cizallamiento demostró que no había diferencias significativas sobre el valor de cobertura en las mallas así como no hubo cambios en la fuerza de adhesión del material, esto trae el beneficio de evitar la aparición de lesiones blancas por desmineralización del esmalte.²⁸

La liberación de los iones de Calcio y Fosforo que tienen algunos adhesivos son capaces de prevenir la desmineralización y facilitar la remineralización del esmalte que es dañado por la acidificación de las bacterias o por el mismo ácido ortofosforico.²⁹

Las nanopartículas de Amonio Cuaternario polimerizable (QAS) y el Bromuro de 2 metacriloxiletildodecilmetilamonio (MAE-DB) se han incorporado a materiales dentales por su capacidad de remineralizar el esmalte puesto que liberan iones de Ca (Calcio) y P (Fosforo).³⁰

Un estudio de origen Chino demostró a través de la integración de nanopartículas de Amonio Cuaternario polimerizable (QAS) y el Bromuro de 2 metacriloxiletildodecilmetilamonio (MAE-DB) a unos adhesivos de ortodoncia que existe una tendencia a que las bacterias del biofilm no sobrevivan por mucho tiempo. En cuando al cizallamiento (SBS) no hay diferencias significativas que uno que no lo

tiene, pues se encontraban dentro de los 7.9MPa después de ser sometidos a la desmineralización del esmalte.²² Reynolds y Whitlock sugirieron que una fuerza de unión a la tracción de 6-8 MPa era adecuada para los accesorios de ortodoncia.³¹

La foto activación al 7.5% en peso de los adhesivos con nanopartículas de Curcumina (Cur) y óxido de zinc (ZnONp) en contra de las bacterias *S. Mutans*, *S. Sobrinus*, *L. acidophilus* es un compuesto que se investigó en Irán, mostrando que tiene un efecto antimicrobiano con gran biocompatibilidad, citotoxicidad mínima y de aspecto estético. Las pruebas en el SBS resultaron aceptables (6-8Mp).³²

Un aspecto importante en la adición de nanopartículas a los adhesivos es la citotoxicidad; existe un estudio que se realizó en Irán donde se añadieron nanopartículas de TiO₂ a un adhesivo, usando cultivos de fibroblastos gingivales humanos (HGF) y tejidos fibroblastos L929 de ratón, el cual arrojó que la citotoxicidad es del 1%, lo cual son significativamente menores al que ya representa el adhesivo por sí mismo que no implica riesgos para la salud.³³

La cantidad de adhesivo residual a la superficie del esmalte se cuantifica por medio de un estudio llamado Índice de Adhesivo Residual (ARI). Los grupos de puntuación son: 0 no queda adhesivo en el esmalte, 1 menos del 50% del adhesivo permanece en el esmalte, 2 más del 50% del adhesivo permanece en el esmalte, 3 todo el adhesivo permanece en el esmalte.³⁴

La fuerza que se ejerce en la base de los brackets es de 1mm/min la cual se convierte a MPa. Esto ayuda a ver la resistencia al cizallamiento (SBS), un estudio realizado en Alemania aporta que las nanopartículas de plata añadidas a un adhesivo Transbond TM XT prime and adhesive no se ve afectado en las pruebas de SBS ni en la adhesión del bracket.³⁵

En el desarrollo de la nanotecnología en el 2012, en Japón se publicó un estudio, con el objetivo de sintetizar dos nanopartículas de los elementos el Óxido de Zinc (ZnO) y Europio cristalino (Eu³⁺) tierras raras para agregarlas a los adhesivos ortodóncicos, y ver qué tan factible era esta sinterización en hacer que los adhesivos tuvieran la característica de tener fluorescencia, dando como resultado la sinterización de los mismos. Sin embargo, la fluorescencia fue baja.³⁶ El Óxido de Zinc va a producir un efecto antibacterial sin reducir la fuerza de adhesión.³⁷ Hasan menciona que al utilizar este tipo de nanopartículas mejoran las propiedades mecánicas del adhesivo.³⁸

Hay estudios que se han dedicado a examinar los efectos de la mezcla de nanopartículas en el cual se le incorporaron a un adhesivo de la marca Transbond TM XT nanopartículas de Óxido de Zirconio-Dióxido de Titano (ZrO₂-TiO₂) para evaluar sus propiedades de resistencia a la compresión, a la tracción y al cizallamiento (SBS). Las pruebas han sido por medio de tracción indirecta en donde se coloca la carga de compresión sobre una muestra y la de prueba SBS se usa una velocidad de 0.5mm/min. Las muestras dan como resultado que al incorporar las nanopartículas de ZrO₂-TiO₂ aumenta la resistencia, compresión y la tracción en comparación con un adhesivo que no tiene el compuesto.³⁹

La nanotecnología ha sido de gran utilidad en el área de Ortodoncia en especial de los adhesivos ya que proporcionan a los materiales una mejora en sus propiedades mecánicas y efectos antimicrobianos.⁴⁰

Referencias

1. Guevara L, Bonilla P, Caicedo M. Antimicrobial activity of orthodontic adhesive with silver nanoparticles on *Mutans streptococci*. *Revista Odontología, Facultad de Odontología*. 2020; 22 (2):33-44.

2. Mona R, Asmaa Y, Omnia A. Evaluation of the Shear Bond Strength of Orthodontic Adhesive System Containing Antimicrobial Silver Nano Particles on Bonding of Metal Brackets to Enamel. *Life Science Journal*. 2015;12(12): 27-34.
3. Eslamian L, Borzabadi- Farahani A, Karimi S, Saadat S, Reza M. Evaluation of the Shear Bond Strength and Antibacterial Activity of Orthodontic Adhesive Containing Silver Nanoparticle, an In-Vitro Study. *Nanomaterials (Basel)*. 2020; 10 (8):1466.
4. Rose R. Binding Characteristics of *Streptococcus mutans* for Calcium and Casein Phosphopeptide. *Caries Research*. 2000;34 (5):427–31.
5. Nam H, Kim Y, Kwon Y, Yoo K, Yoon S, Kim I, Park B, Son W, Lee S, Kim Y. Flourinated Bioactive glass nanoparticles: enamel desmineralization prevention and antibacterial effect of orthodontic bonding resin. *Materials*. 2019; 12:1813.
6. Mariel H, Centeno R, Sánchez W, González A, Arredondo R, Mariel J, Gutiérrez F. Eficacia antimicrobiana del primer ortodóncico adicionado con nanopartículas de plata. Estudio transversal in vitro. *Inves Clin*. 2016; 57 (4): 321-9.
7. Song W, Ge Shaohua. Application of Antimicrobial Nanoparticles in Dentistry. *Molecules*; 2019: 24 (6): 1033.
8. Franci G, Falanga A, Galdiero S, Palomba L, Rai M, Morelli G, Galdiero M. Silver nanoparticles as potential antibacterial agents. *Molecules*. 2015; 20: 8856-74.
9. Metin-Gürsoy G, Taner L, Arka G. Nanosilver coated orthodontic brackets: in vivo antibacterial properties and ion release. *Eur J Orthod*. 2017; 39 (1): 9-16.
10. Guevara L. Actividad antimicrobiana de las nanopartículas de plata a diferentes concentraciones sobre *Streptococcus mutans* en sistemas adhesivos ortodóncicos. Estudio in vitro. Trabajo de investigación presentado como requisito previo a la obtención del Título de: Odontólogo. Universidad Central De Ecuador. Quito. 2019
11. Jasso-Ruiz I, Velazquez-Enriquez U, Scougall-Vilchis R, Morales-Luckie R, Sawada T, Yamaguchi R. Silver nanoparticles in orthodontics, a new alternative in bacterial inhibition: in vitro study. *Prog Orthod*. 2020; 21:24
12. Bazán-Suarez A, Monjás-Avila J, Balderas-Delgado C, Molina-Trinidad E. Uso y aplicación de nanopartículas de plata en odontología. *Salud y Educación*. 2020; 8 (16): 96-100.
13. Poosti M, Ramazanzadeh B, Zebarjad M, Javadzadeh P, Naderinasab M, Shakeri M. Shear bond strength and antibacterial effects of orthodontic composite containing TiO₂ nanoparticles. *Eur J Orthod*. 2013; 35 (5): 676–9.
14. Argueta-Figueroa L, Arenas-Arocena C, Díaz-Herrera AP, García-Benítez S, García-Contreras R. Propiedades antimicrobianas y citotóxicas de un adhesivo de uso ortodóncico adicionado con nanopartículas de plata. *Mundo Nano*. 2019; 12 (22):1-13.
15. Borzabadi-Farahani A, Borzabadi E, Lynch E. Nanoparticles in orthodontics, a review of antimicrobial and anti-caries applications, *Acta Odontol Scand*. 2014; 72 (6):413-7.
16. Sodagar A, Akhavan A, Hashemi E, Arab S, Pourhajbagher M, Sodagar K, Kharrazifard M, Bahador A. Evaluation of the antibacterial activity of a conventional orthodontic composite containing silver/ hydroxyapatite nanoparticles. *Progress in Orthodontics*. 2016.17:40.
17. Lee S, Heo M, Lee D, Han S, Moon J, Lim H, Kwon I. Preparation and characterization of antibacterial orthodontic resin containing silver nanoparticles, *Appl Surf Sci*. 2018; 432:317-23.
18. Sodagar A, Sadegh M, Bahador A, Farajzadeh Y, Behzadi Z, Hossein A. Effect of TiO₂ nanoparticles incorporation on antibacterial properties and shear bond strength of dental composite used in Orthodontics. *Dental Press J Orthod*. 2017;22(5):67-74
19. Hamdy K, Riad M, Hafez A, Fekry A. Shear bond strength of orthodontic bracket bonded with total etch adhesive systems containing silver nanoparticles “an in vitro study”. *EDJ*. 2016; 62 (1): 1075-80.
20. Toodehzaeim MH, Zandi H, Meshkani H, Hosseinzadeh A. The Effect of CuO Nanoparticles on Antimicrobial Effects and Shear Bond Strength of Orthodontic Adhesives. *J Dent Shiraz Univ Med Sci*. 2018; 19(1): 1-5.
21. Sug-Joon A, Shin-Jae L, Joong-Ki K, Bum-Soon L. Experimental antimicrobial orthodontic adhesives using nanofillers and silver nanoparticles. *Dental Materials*. 2009; 25 (2): 206-13.
22. Argueta-Figueroa L, Scougall-Vilchis R, Morales-Luckie R, Olea-Mejía O. An evaluation of the antibacterial properties

- and shear bond strength of copper nanoparticles as a nanofiller in orthodontic adhesive. *Australian Orthodontic Journal*. 2015; 31 (1): 42-8.
23. Castro M, Fernandez E, Palma P, Chaple A, Vidosola P. Efecto antimicrobiano sobre *Streptococcus mutans* de sistema adhesivo con nanopartículas de óxido de zinc y cobre. *Revista Cubana de Investigaciones biomédicas*. 2020; 39 (4): e 687.
 24. Alvarado C, Fernández E, Palma P, Chaple A, Vildósola P. Recuento de *Streptococcus mutans* sobre restauraciones realizadas con adhesivo con y sin carga de nanopartículas de óxido de zinc y cobre. *Revista Cubana de Investigaciones biomédicas*. 2020; 39 (4): e 683.
 25. Andriani A, Purwanegara M. Effect of titanium dioxide nanoparticle addition into orthodontic adhesive resin on enamel microhardness. *Journal of Physics: Conf. Series* 884.2017; 012115.
 26. Deng S, Chung K, Chan D, Spiekerman C. Evaluation of bond strength and microleakage of a novel metal titanate antibacterial agent. *Operative dentistry*. 2016; 41-3: E48-E56.
 27. Sharon E, Sharabi R, Eden A, Zabrovsky A, Ben-Gal G, Sharon E, Pietrokovski Y, Hour-Haddab Y, Beyth N. Antibacterial Activity of Orthodontic Cement Containing Quaternary Ammonium Polyethylenimine Nanoparticles Adjacent to Orthodontic Brackets. *Int J Environ Res Public Health*.2018,15(606).
 28. Zaltsman N. Antibacterial Orthodontic Adhesive Incorporating Polyethyleneimine Nanoparticles. *Oral Health and Preventive Dentistry*. 2017;15: 245-50.
 29. Reynolds E. Retention in Plaque and Remineralization of enamel lesions by various forms of calcium in a mouthrinse or sugar-free Chewing Gum. *Journal OF Dental Reserch*.2006; 82 (3): 206-211.
 30. Liu Y, Zhang L, Niu L, Yu T, Xu H, Weir M, Oates T, Tay F, Chen J. Antibacterial and remineralizing orthodontic adhesive containing quaternary ammonium resin monomer and amorphous calcium phosphate nanoparticles. *Journal of Dentistry*. 2018; 72: 53-63.
 31. Hosseinzadeh-Nik T, Karimzadeh A, Ayatollahi MR. Bond strength of a nanocomposite used for bonding ceramic orthodontic brackets. *Materials and Design*. 2013; 51:902-6.
 32. Pourhajbagher M, Salehi A, Takzaree N, Ghorbanzadeh R. Physio-mechanical and antimicrobial properties of an orthodontic adhesive containing cationic curcumin doped zinc oxide nanoparticles subjected to photodynamic therapy. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*. 2019; 25:239-246.
 33. Herevi F, Ramezani M. In Vitro Cytotoxicity Assessment of an Orthodontic Composite Containing Titanium-dioxide Nano-particles. *JODDD*. 2013; 7 (4): 239-46.
 34. Chalipa J, Sadegh M, Arab S, Kharrazifrad M, Ahmadyar M. Evaluation of Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets Bonded with Nano-Filled Composites. *J Dent (Tehran)*. 2013;10 (5): 461-5.
 35. Blocher S, Frankenberger R, Hellak A, Schauseil M, Roggendorf M, Korbmacher-Steiner M. Effect on enamel shear bond strength of adding microsilver and nanosilver particles to the primer of an orthodontic adhesive. *BMC Oral Health*. 2015; 15(42).
 36. Yamagata S, Iwasaki H, Hamba Y, Nakanishi K, Ushijima N, Abe S. An evaluation of fluorescent Orthodontic adhesives containing Eu-doped ZnO at room temperature. *Nano Biomed Eng*. 2013; 5(1): 31-8.
 37. Saffarpour M, Rahmani M, Tahriri M, Peymani A. Antimicrobial and bond strength properties of a dental adhesive containing zinc oxide nanoparticles. *Braz J Oral Sci*. 2016; 15 (1): 66-69.
 38. Hasan L. Evaluation the properties of orthodontic adhesive incorporated with nano-hydroxyapatite particles. *Saudi Dental Journal*. Artículo en prensa. 2021.
 39. Felemban N, Ebrahim M. The influence of adding modified zirconium oxide-titanium dioxide nano-particles on mechanical properties of orthodontic adhesive: an in vitro study. *BMC Oral Health*.2017.17(43).
 40. Xinran N. The Effects of Incorporating some Additives on Shear Bond Strength of Orthodontic Adhesive (An In-vitro Study). *Medical Reviws*.2018; 9 (1).