

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y COMPORTAMIENTO MICROBIANO DE BIOMATERIALES DE ALEACIÓN DE TITANIO Y ALEACIÓN DE MAGNESIO TRATADOS CON ELECTRODEPOSICIÓN

Tamurejo Alonso, Purificación

El avance en el campo médico y farmacológico conlleva un aumento de la esperanza de vida de los pacientes. Este aumento temporal debe garantizar una adecuada calidad de vida de las personas, por lo que se requiere continuamente nuevos estudios de métodos y técnicas enfocados en el cuidado de la salud. Estos estudios están muy relacionados con las implantaciones de distintos elementos protésicos cuyos usuarios principales son las personas con avanzada edad y, por tanto, el sector más vulnerable de la población. Es por este motivo que las nuevas generaciones de implantes tratan de mejorar su capacidad de osteointegración en el huésped, empleando materiales que favorezcan la adhesión celular y a su vez eviten la encapsulación que ocurre cuando el organismo detecta un cuerpo extraño.

Una de las causas principales que provoca el fallo de los implantes son las infecciones que pueden aparecer asociadas a ellos. Estas infecciones pueden originarse en el momento de la implantación, generalmente causadas por *Staphylococcus epidermidis*, debido a contaminaciones provenientes desde la flora cutánea del paciente, del personal sanitario o incluso del ambiente en el quirófano. Aunque también pueden originarse por la existencia de una infección en un foco distante, *Staphylococcus aureus* (Pacha-Olivenza, 2012).

Cuando existe la adhesión bacteriana o la adhesión de células humanas en un implante, esto ocurre a nivel de la superficie del biomaterial. Es por ello que los procesos de adhesión se ven afectados por la composición, topografía, hidrofobicidad, energía libre superficial y potencial eléctrico de la superficie. El papel que desempeña cada parámetro en el proceso biológico de adhesión no está suficientemente aclarado. La comunicación que tiene lugar en la región interfacial entre una bacteria o célula humana, y la superficie del sustrato puede favorecer o no la adhesión, y originar el fortalecimiento del enlace en segundos o en minutos tras el contacto inicial.

Como se ha mencionado anteriormente, puede ocurrir que, durante la implantación, la primera adhesión a la superficie la realicen las bacterias, o bien en momentos posteriores, siendo las células óseas las primeras en adherirse y proliferar. Como es lógico pensar, las bacterias y células humanas luchan en la superficie por su persistencia, siendo su resultado final decisivo para el correcto funcionamiento de un biomaterial.

La mayoría de los estudios sobre biomateriales en el medio biológico evalúan la adhesión de microorganismos y la adhesión de células de forma independiente, aportando información muy valiosa sobre el comportamiento del material. No obstante, si se pretende aproximar los resultados a las condiciones *in vivo*, los experimentos *in vitro* deberían reflejar de algún modo esta competitividad sobre la superficie.

En cualquier caso, las características de la superficie son determinantes en el proceso. Otro factor que afecta a la adhesión son las características del medio de suspensión en el que se encuentran tanto bacterias como células. El empleo de materiales biodegradables para la fabricación de implantes reabsorbibles libera al medio moléculas procedentes de su naturaleza (Shadanbaz y Dias, 2012). En este proyecto de investigación se pone el foco sobre el desarrollo de recubrimientos de la superficie de biomateriales con el objetivo de evitar la adhesión bacteriana, favorecer la osteointegración del implante y evitar la liberación de sustancias químicas asociadas a los procesos de degradación del sustrato, que originan respuesta inmune por parte del organismo derivando en un rechazo del implante.

1. Biomateriales

Los biomateriales son materiales diseñados para actuar con sistemas biológicos con el fin de evaluar, tratar, aumentar o reemplazar algún tejido, órgano o función del cuerpo.

Estos biomateriales deben cumplir una serie de características: Tener buenas propiedades mecánicas, que sean biocompatibles para evitar rechazos que ponen en riesgo la salud del paciente y una alta resistencia a la corrosión (Eliaz, Sridhar, Mudali y Raj, 2005; Gao, Hang, Bai, Tang y Chu, 2018; Meng *et al.*, 2011; Redepinning, Schlessinger, Burnham, Lippiello y Miyano, 1996).

Existen muchos tipos de biomateriales, pero entre ellos los metálicos tienen un gran éxito a la hora de soportar cargas. Entre ellos uno de los más utilizados es el titanio y sus aleaciones. Este interés en el titanio se debe a su alta biocompatibilidad, elasticidad, resistencia a la corrosión y su capacidad de

osteointegración. Pero el titanio tiene la problemática de ser susceptible a infecciones bacterianas (Durairaj y Ramachandran, 2018; Redepenning *et al.*, 1996).

En la actualidad, el magnesio y sus aleaciones han ganado una gran popularidad en las investigaciones relacionadas con implantes. Su capacidad para degradarse en contacto con los fluidos corporales lo hace ideal para el uso en prótesis temporales (Huang *et al.*, 2017).

2. Adhesión bacteriana

La adhesión bacteriana y posterior formación de biopelícula o biofilm es la causa principal de la infección asociada a los implantes. Sobre una superficie de aleación de titanio se adhieren las bacterias y para protegerse de cualquier estímulo externo que pueda dañarlas generan biofilm que complica la cicatrización u osteointegración. Cuando esto ocurre el implante es retirado con una segunda cirugía. Las primeras 24 horas tras la colocación de implante son consideradas decisivas para la creación del biofilm.

Si prevenimos la adhesión bacteriana, evitamos la formación de biofilm. Para ello se estudian tres estrategias: lograr superficies hidrófilas, modificar la superficie cargándola de elementos que ocasionen la “muerte por contacto” y crear en la superficie del implante unos reservorios que liberan antibióticos o biocidas por degradación de la superficie. En este proyecto nos centramos en la estrategia “muerte por contacto” modificando la superficie mediante un proceso electroquímico de deposición (Pacha-Olivenza, 2012).

3. Electrodeposición

La electrodeposición es un proceso electroquímico en el que los cationes metálicos contenidos en una solución acuosa se depositan sobre la superficie conductora empleando una corriente eléctrica. Mediante una diferencia de potencial suministrado por una fuente de energía, los electrones viajan desde el ánodo al cátodo y las sales disueltas en el electrolito se desplazan hasta el cátodo depositándose en su superficie.

Los depósitos estudiados constan de fosfato de calcio, fosfato de magnesio y fosfato de zinc. El fosfato de calcio mejora las propiedades de osteointegración, ya que se trata de un compuesto que se encuentra de forma natural en los huesos. El fosfato de magnesio aporta a la superficie del implante una protección frente a las bacterias que puedan tratar de colonizarlo, ya que el magnesio presenta características antimicrobianas. En los implantes de metal, la aparición de una capa pasiva de óxido favorece el rechazo del implante por

parte del organismo, lo que hace imprescindible estudiar estrategias para evitar la corrosión y, el fosfato de zinc parece ser un gran aliado en la batalla contra la corrosión (Huang *et al.*, 2017).

REFERENCIAS

- Durairaj, R. B. y Ramachandran, S. (2018). In vitro characterization of electrodeposited hydroxyapatite coatings on titanium (Ti6AL4V) and magnesium (AZ31) alloys for biomedical application. *International Journal of Electrochemical Science*, 13(1), 4841–4854. <https://doi.org/10.20964/2018.05.85>
- Eliaz, N., Sridhar, T. M., Mudali, U. K. y Raj, B. (2005). Electrochemical and electrophoretic deposition of hydroxyapatite for orthopaedic applications. *Surface Engineering*, 21(3), 238–242. <https://doi.org/10.1179/174329405X50091>
- Gao, A., Hang, R., Bai, L., Tang, B. y Chu, P. K. (2018). Electrochemical surface engineering of titanium-based alloys for biomedical application. *Electrochimica Acta*, 271, 699–718. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2018.03.180>
- Huang, W., Xu, B., Yang, W., Zhang, K., Chen, Y., Yin, X., Liu, Y., Ni, Z. y Pei, F. (2017). Corrosion behavior and biocompatibility of hydroxyapatite/magnesium phosphate/zinc phosphate composite coating deposited on AZ31 alloy. *Surface and Coatings Technology*, 326, 270–280. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2017.07.066>
- Meng, E. C., Guan, S. K., Wang, H. X., Wang, L. G., Zhu, S. J., Hu, J. H., Ren, C. X., Gao, J. H. y Feng, Y. S. (2011). Effect of electrodeposition modes on surface characteristics and corrosion properties of fluorine-doped hydroxyapatite coatings on Mg-Zn-Ca alloy. *Applied Surface Science*, 257(11), 4811–4816. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2010.12.073>
- Pacha-Olivenza, M. Á. (2012). *Caracterización y respuesta antibacteriana de la superficie del biomaterial ti6al4v sometido a diferentes modificaciones físicas.*
- Redepenning, J., Schlessinger, T., Burnham, S., Lippiello, L. y Miyano, J. (1996). Characterization of electrolytically prepared brushite and hydroxyapatite coatings on orthopedic alloys. *Journal of Biomedical Materials Research*, 30(3), 287–294. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4636\(199603\)30:3<287::AID-JBM3>3.0.CO;2-M](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4636(199603)30:3<287::AID-JBM3>3.0.CO;2-M)
- Shadanbaz, S. y Dias, G. J. (2012). Calcium phosphate coatings on magnesium alloys for biomedical applications: A review. *Acta Biomaterialia*, 8(1), 20–30. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2011.10.016>

APUNTES BIOGRÁFICOS

Purificación Tamurejo Alonso (Almendralejo, 11 de septiembre de 1991) es Graduada en Arquitectura Naval e Ingeniería Marítima, por la Universidad de Cádiz (2015). Realizó un Máster en Ingeniería Biomédica en la Universidad de Extremadura (2018), para comenzar posteriormente su iniciación a la investigación en Física Aplicada en el Grupo de investigación AM-UEx de la Universidad de Extremadura, que pertenece a la Infraestructura Científico y Tecnológica Singular (ICTS) en Ciencias de la Salud y

Biocología, recogida en la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación. En noviembre de 2019 fue contratada como personal de apoyo a la investigación de la Universidad de Extremadura. Actualmente está llevando a cabo estudios conducentes a su futuro doctorado en Ciencias Físicas, bajo la dirección y codirección de Miguel Ángel Pacha Olivenza y María Luisa González Martín respectivamente, abordando la caracterización físico-química y comportamiento microbiano de biomateriales de aleación de titanio y aleación de magnesio tratados con electrodeposición.

Correo electrónico: **ptamurejo@unex.es**