

## RESEÑA

## OBTENCIÓN DE RECUBRIMIENTOS DE FOSFATOS DE CALCIO EMPLEANDO EL MÉTODO BIOMIMÉTICO

Lic. Adrian Paz Ramos

Investigador

Grupo de Materiales, Departamento de Investigación y Desarrollo, Dirección de Equipos y Diagnosticadores,  
Centro Nacional de Investigaciones Científicas, Avenida 25 y Calle 158, Playa, Apartado Postal 6414, La Habana, Cuba.

2 de marzo de 2012.

### TRABAJO PRESENTADO EN OPCIÓN AL TÍTULO DE MAESTRO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MATERIALES

Actualmente, el titanio y sus aleaciones son materiales muy empleados en la fabricación de dispositivos biomédicos destinados a soportar la acción de cargas biomecánicas. El titanio posee capacidad de osteointegrarse, excelentes propiedades mecánicas (superior resistencia a la compresión que el hueso cortical y dentro de los biometales el módulo de elasticidad más cercano al del hueso cortical), así como elevada resistencia a la corrosión en fluidos biológicos. Sin embargo, debido a que existen diferencias sustanciales entre la composición química y de fases presentada por estos materiales y el tejido óseo, la inserción de ellos en el esqueleto humano puede redundar en la ausencia de una unión fuerte entre el hueso y el implante, reacciones a cuerpo extraño y corrosión de la superficie del dispositivo implantado, entre otros.

Es conocido que ciertas cerámicas bioactivas se unen de forma fuerte al hueso, debido a que estimulan la aposición ósea. Los fosfatos de calcio y en particular, la hidroxiapatita (HA), se encuentran entre las cerámicas bioactivas que promueven el crecimiento espontáneo del hueso y su fijación al implante.

En aras de combinar las propiedades del titanio con la aptitud de unirse al hueso de estas cerámicas bioactivas, se han ensayado varios métodos para recubrir la superficie metálica. Los primeros recubrimientos bioactivos se aplicaron mediante el método de plasma spray y generalmente, se encontraban constituidos por hidroxiapatita. Sin embargo, este método posee un grupo de inconvenientes relacionados con el empleo de elevadas temperaturas para lograr la deposición del recubrimiento. Dentro de sus limitantes se desatacan la incapacidad de recubrir homogéneamente superficies con geometrías complicadas, las afectaciones en la estabilidad de las fases constituyentes del recubrimiento y una limitada adherencia de las capas con los sustratos metálicos en algunos casos.

Debido a los problemas antes enunciados, se han desarrollado métodos alternativos para obtener recubrimientos de fosfatos de calcio. A principios de los años noventa del pasado siglo, investigadores japoneses dirigidos por T. Kokubo demostraron la posibilidad de formar una capa apatítica sobre superficies bioactivas, a partir de su inmersión en un fluido biológico simulado (FBS). Este método, conocido como biomimético por imitar las condiciones fisiológicas durante el proceso de biomineralización, permite obtener recubrimientos homogéneos en toda la superficie en contacto con la disolución, y resulta tecnológicamente simple y económico. Los depósitos de fosfatos de calcio obtenidos mediante el método biomimético son utilizados para mejorar la bioactividad superficial de biomateriales metálicos, cerámicos, poliméricos y compuestos.

El método biomimético requiere de períodos de tratamiento prolongados, siendo necesario en algunos casos, utilizar exposiciones de hasta dos meses. Debido a esto, se han desarrollado numerosos trabajos investigativos destinados a disminuir el tiempo de tratamiento. Dentro de las variantes más utilizadas para intensificar los procesos, se encuentran, el incremento de la concentración de iones calcio y fosfato en las disoluciones y la activación de las superficies a recubrir mediante la formación de capas bioactivas.

A partir de los elementos antes expuestos, se propuso como objetivo general de este trabajo la obtención de recubrimientos de fosfatos de calcio mediante el método biomimético en la superficie activada del titanio a partir de su inmersión en disoluciones con elevado contenido de iones calcio y fosfato.

Con el objetivo de optimizar la experimentación, se realizó un diseño multinivel factorial de tipo 2 x 3 con el que se estudiaron las variables: tratamiento de activación (A) y composición de la disolución (B). La variable respuesta estudiada fue el espesor del recubrimiento. Los tratamientos superficiales aplicados al titanio consistieron en inmersión en hidróxido de sodio 10 mol/L durante 24 h a 60 °C (tratamiento alcalino) y en disolución de peróxido de hidrógeno 8,8 mol/L durante media hora a 80 °C, con posterior tratamiento térmico a 400 °C. Además, se estudiaron tres variantes de disoluciones, con contenidos de calcio 4; 5,5 y 7 veces superiores al reportado para el FBS normal.

La caracterización físico-química de los materiales empleados y los recubrimientos obtenidos, se realizó mediante Espectroscopia Infrarroja, Difracción de Rayos X (DRX), Espectroscopia de Energía Dispersiva de Rayos X, Microscopia Electrónica de Barrido, Microscopia Electrónica de Transmisión y Microscopia de Fuerza Atómica.

El trabajo se encuentra estructurado en tres capítulos, además de presentar Introducción, Conclusiones, Recomendaciones, Bibliografía y Anexos. En la Introducción, se abordan los antecedentes del trabajo, así como sus objetivos generales y específicos. En el capítulo Revisión Bibliográfica, se expone un panorama general sobre el titanio y sus principales óxidos, las cerámicas bioactivas empleadas en el recubrimiento de superficies metálicas y los diferentes métodos de obtención de dichos recubrimientos. Además, se presentan los principales factores que influyen en la deposición de fosfatos de calcio mediante el método biomimético. En el capítulo Materiales y Métodos se presentan los reactivos y equipos, la metodología de preparación y las técnicas de caracterización de los materiales obtenidos. Además, se describe el diseño de experimento empleado en la experimentación. En el análisis de los resultados, se presenta la caracterización del titanio empleado como sustrato, así como la variación de las características superficiales y de composición química de dicho material luego de aplicarle los sucesivos tratamientos de activación. También, se expone

un análisis del comportamiento del pH durante el proceso de deposición biomimética y se muestran las principales características de los precipitados formados en las disoluciones. Por último, se presentan los resultados del análisis de varianza aplicado al diseño de experimentos empleado.

La tesis consta de 89 páginas, 32 figuras y 19 tablas. Se hace referencia a 102 trabajos, de los cuales el 53 % corresponde a los últimos 5 años (2007-2012), mientras que el 99 % de las citas pertenecen a trabajos publicados a partir del año 2000.

En el acápite de Anexos se reportan fichas de patrones de DRX reportadas por el Centro Internacional de Datos de Difracción, así como los resultados de las pruebas estadísticas aplicadas durante el análisis de los resultados obtenidos. Además, se reportan publicaciones aceptadas inherentes al trabajo de tesis.

Como conclusiones, pudo afirmarse que mediante la aplicación de los procesos de activación al titanio se obtienen superficies con diferentes características tanto químicas como topográficas. Además, se logró obtener recubrimientos apatíticos en todas las variantes investigadas en un período de 24 h, los cuales presentaron espesores entre 2,7 y 9,1  $\mu\text{m}$ , dimensiones que permiten su empleo con el objetivo de incrementar la bioactividad de los implantes. Finalmente, se determinó que la combinación entre el tratamiento de activación aplicado a la superficie del titanio y la composición de las disoluciones influye significativamente en el proceso de deposición apatítica, con lo que se obtienen los mayores espesores con la aplicación del tratamiento alcalino en una disolución de una concentración siete veces mayor que la FBS normal.