

Evaluación de la bioactivación superficial de implantes personalizados por CAD/CAM en modelo animal

Evaluation of surface bioactivation of CAD/CAM-customized implants in an animal model

Javier S. Castro Carmona^{a*}, María del Carmen Aragón Duarte^a, Lillian V. Tapia Lopez^b, Alfredo Hernández Pérez^c, Juan Carlos Cuevas González^c, Christian Chapa González^a, S. Yobanny Reyes López^c, Esmeralda S. Zúñiga Aguilar^a, M. Antonia Luna Velazco^d

^a Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ave. del Charro núm. 450 norte, col. Partido Romero, C. P. 32310, Ciudad Juárez, Chihuahua.

^b Department of Pharmaceutical Sciences, University of Texas at El Paso, El Paso, TX. 79902, United States.

^c Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Av. Benjamín Franklin núm. 4650, Zona Pronaf, C. P. 32315, Ciudad Juárez, Chihuahua, México.

^d Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S. C. (CIMAV), Miguel de Cervantes 120, Complejo Industrial Chihuahua, Chihuahua, Chih. México, C. P. 31136.

***Autor de correspondencia.** Correo: jcastro@uacj.mx

Resumen

La biofuncionalización superficial de biomateriales inertes es una tendencia para mejorar la bioactividad en implantes. Se busca usar biomoléculas como péptidos para promover la osteointegración y mejorar interacciones tejido-implante reduciendo las tasas de fracaso. En estudios previos liderados por J. Castro y L. Tapia se desarrollaron tres niveles de biofuncionalización superficial progresiva en zirconia y PEEK, que incluyeron: activación con plasma, funcionalización química con calcio y fosfato, y biofuncionalización con péptido RGD. Estos tratamientos se evaluaron en cultivos celulares mostrando resultados positivos en adhesión, morfología y viabilidad celular. El objetivo de este estudio fue evaluar las mismas superficies usando un modelo animal, para verificar qué tratamientos superficiales presentan una mayor bioactividad. Se usaron conejos de Nueva Zelanda donde fueron insertados, en ambos fémur, pequeños implantes con los diferentes tratamientos superficiales. Se mantuvieron vivos por 6 y 8 semanas y posteriormente se sacrificaron para explantación y análisis. La respuesta tisular se evaluó mediante análisis histológico, la interacción tejido-implante se observó mediante SEM y análisis elemental EDS. Los resultados fueron alentadores observándose una marcada diferencia entre las superficies de control y las superficies tratadas. Los mejores resultados los tuvieron los implantes con el péptido RGD, donde los análisis histológicos no mostraron ninguna reacción inmune al implante mientras que se observó regeneración de hueso, osteoinducción. En el SEM se observa que estos implantes presentan una unión con el hueso mientras que el control esta totalmente separado de este. Aprovechando la fase experimental *in vivo* se implemento un método CAD/CAM para la fabricación de implantes personalizados. Se obtuvieron tomografías de defectos creados intencionalmente en un lechón y se fabricaron implantes a la medida usando diseño computacional y fabricación CAM. Los implantes personalizados fueron implantados exitosamente demostrando la efectividad del método para futuras aplicaciones en la medicina, donde se podrá aplicar la biofuncionalización en implantes personalizados.

Palabras clave: biofuncionalización; zirconia; PEEK, implantes; pruebas *in vivo*.

Abstract

Surface biofunctionalization of inert biomaterials is a growing trend aimed at improving bioactivity in implants. The approach involves using biomolecules such as peptides to promote osseointegration and enhance tissue-implant interactions, thereby reducing failure rates. In previous studies led by J. Castro and L. Tapia, three progressive levels of surface biofunctionalization were developed for zirconia and PEEK, including: plasma activation, chemical functionalization with calcium and phosphate, and biofunctionalization with the RGD peptide. These treatments were evaluated in cell cultures, showing positive results in terms of adhesion, morphology, and cell viability. The objective of this study was to evaluate the same surfaces using an animal model to determine which surface treatments exhibit greater bioactivity. New Zealand rabbits were used, and small implants with different surface treatments were inserted into both femurs. The animals were kept alive for 6 and 8 weeks, after which they were sacrificed for explantation and analysis. Tissue response was assessed through histological analysis, while tissue-implant interaction was observed using SEM and elemental EDS analysis. The results were encouraging, showing a marked difference between control surfaces and treated surfaces. The best outcomes were observed in implants treated with the RGD peptide, where histological analyses showed no immune reaction to the implant and evidence of bone regeneration and osteoinduction. SEM images revealed that these implants formed a bond with the bone, whereas the control implants were completely separated from it. Taking advantage of the *in vivo* experimental phase, a CAD/CAM method was implemented for the fabrication of personalized implants. CT scans of intentionally created defects in a piglet were obtained, and custom implants were manufactured using computer-aided design and CAM fabrication. The personalized implants were successfully implanted, demonstrating the effectiveness of the method for future medical applications, where biofunctionalization could be applied to customized implants.

Keywords: biofunctionalization; zirconia; PEEK, implants; *in vivo* assessment.

Entidad responsable del estudio

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Financiamiento

María del Carmen Aragón Duarte agradece a SECIHTI por la beca otorgada a través del Programa de Becas Posdoctorales por México, con número 423276.

Conflictos de interés

Los autores declaran que no hay conflicto de interés.