



UNIVERSITAT DE BARCELONA



FACULTAT DE QUÍMICA
DEPARTAMENT DE CIÈNCIA DELS MATERIALS I ENGINYERIA
METAL·LÚRGICA

Programa: Tecnología de Materiales, bienio 2002-2004

Recubrimientos biocompatibles obtenidos por
Proyección Térmica y estudio *in vitro* de la función
osteoblástica

Memoria presentada para optar al
grado de Doctor en Ciencias Químicas
por Mireia Gaona Latorre,
bajo la dirección del Profesor Josep
Maria Guilemany Casadamon y el
Profesor Javier Fernández González

Barcelona, Junio 2007

CAPÍTULO 9:

Conclusiones

1. Debido a las elevadas temperaturas que alcanzan las partículas de HA en el haz de proyección durante la proyección térmica de plasma atmosférico, estas se deshidroxilan parcialmente, pudiendo llegar incluso a degradarse. Como consecuencia se obtienen recubrimientos con una elevada proporción de fase amorfa (superior al 37%) y pequeñas proporciones de otros fosfatos de calcio que al ser más solubles en los fluidos corporales que la HA cristalina ponen en compromiso la estabilidad de los recubrimientos.

2. La optimización de las condiciones de proyección de APS mediante la disminución del caudal de hidrógeno y aumentando la velocidad de la pistola permite obtener recubrimientos un 140% más cristalinos y evitar la degradación de las partículas y la formación de CaO.
3. La proyección térmica por alta velocidad (HVOF) es una alternativa capaz de mejorar la calidad de los recubrimientos de HA ya que permite obtener recubrimientos de mayor pureza y aumentar la cristalinidad en un 33% comparada con los obtenidos por APS. Ello es debido a que las partículas alcanzan temperaturas menores y velocidades mayores que minimizan el tiempo de residencia en el haz de proyección y por ende su descomposición térmica.
4. En ninguno los recubrimientos obtenidos por HVOF se observó la presencia de otras fases de fosfato cristalinas diferentes a la HA. Asimismo de presentan cristalinidades superiores al 56% por lo que estos recubrimientos cumplen con la norma ISO 13779-2.
5. Contradictoriamente a lo esperado se observó más presencia de ACP cuando las capas depositadas por HVOF eran más gruesas. Este hecho es debido a que la concentración de ACP se presenta en la interfaz con el sustrato y en las zonas de impacto de las partículas, favoreciéndose la cristalización de estas zonas por el calor de la pistola y de las partículas que llegan si las capa son finas.
6. El mecanismo de desgaste de los recubrimientos de HA, independientemente de la técnica utilizada, fue la fractura frágil y la delaminación probablemente causado por la estructura laminar de los recubrimientos y la presencia de poros y microfisuras que pueden facilitar la propagación de grietas.

7. Cualquiera que fuera la técnica de proyección utilizada se observó una concentración de fase amorfa (ACP) en la interfaz substrato-recubrimiento. La formación de esta fase amorfa está causada por la rápida velocidad de enfriamiento de las partículas parcialmente fundidas cuando impactan con el substrato debido al gradiente térmico existente.
8. La concentración de la fase amorfa en la interfaz provoca una disminución de 75-84% la adherencia del recubrimiento y un fallo totalmente adhesivo tras 24 horas de inmersión en SBF.
9. Se ha comprobado que la adherencia de los recubrimientos de HA obtenidos por HVOF mejora ostensiblemente al ser sometidos a un tratamiento térmico posterior (220% tras 1 día de inmersión). Esta mejora es debida a la transformación del ACP a HA totalmente cristalina que no sufre degradación en SBF.
10. Se observó la deposición de apatita en la superficie de los recubrimientos parcialmente amorfos después de la inmersión en SBF pero no en los totalmente cristalinos. Esta deposición de apatita esta relacionada con la disolución de ACP y la saturación del SBF. Este hecho es de gran importancia ya que es el primer paso para la osteointegración del recubrimiento.
11. Todos los recubrimientos estudiados, independientemente de su composición, han demostrado una buena respuesta en los ensayos de viabilidad, proliferación y diferenciación celular por lo que la composición química de los recubrimientos no afecta a la citocompatibilidad.

12. La presencia de ACP en los recubrimientos induce una mayor actividad de la ALP y una producción de núcleos de fosfato de calcio. Este hecho puede tener un papel fundamental en la mineralización de la matriz extracelular y, en consecuencia, una osteointegración a corto plazo más rápida.
13. Los recubrimientos de cristalinidad gradual han permitido combinar las buenas propiedades de una interfaz cristalina, resistente a la degradación en medios fisiológicos y una buena adherencia, con las propiedades de una superficie parcialmente amorfa como son la capacidad de depositar una capa de apatita que favorece una buena respuesta *in Vitro* de la diferenciación celular.
14. Se han conseguido determinar las condiciones de proyección necesarias para conseguir recubrimientos casi isotrópicos de titania nanoestructurada por HVOF que presentan buenas propiedades mecánicas. Se observó una relación lineal entre la temperatura y la velocidad de partícula con el caudal de propileno utilizado.
15. Los valores de adherencia de todos los recubrimientos de titania nanoestructurada fueron superiores a 77 MPa, por lo que son más altos que aquellos conseguidos para los recubrimientos de HA.
16. La adición de HA disminuye las propiedades mecánicas de los recubrimientos de titania nanoestructurada. Estos recubrimientos se desarrollaron como alternativa en aplicaciones biomédicas debido a la combinación de buen comportamiento mecánico, estabilidad en medio fisiológico y la superficie nanoestructurada de la titania con la bioactividad que le confiere la hidroxiapatita.