

¿CÓMO AUMENTAR LA VIDA MEDIA DE LAS PRÓTESIS DE RODILLA?

Mario Comín

Instituto de Biomecánica de Valencia

LA CAUSA MÁS FRECUENTE DE FRACASO DE LAS PRÓTESIS DE rodilla es el aflojamiento de sus componentes debido a la liberación de partículas de polietileno procedentes del desgaste entre las superficies en contacto. Para investigar nuevas soluciones que minimicen el problema es necesario disponer de un equipamiento adecuado que permita evaluar dicho desgaste. Con tal finalidad se ha desarrollado un simulador de desgaste de rodilla que permite evaluar el comportamiento de diferentes parejas de materiales, reproduciendo el comportamiento "in vivo" de una prótesis de rodilla. De los ensayos realizados con dicho simulador se ha encontrado que el tratamiento del componente metálico con implantación iónica y el recubrimiento con Carbono (DLC) mejoran el desgaste del polietileno, mientras que el recubrimiento con nitruro de Titanio aumenta sustancialmente el desgaste.

How to lengthen the life span of knee prostheses?

The most frequent cause of knee prosthesis failure is the loosening of its components due to the polyethylene particles produced from the wear of the surfaces in contact. To search for new solutions to minimise this problem an adequate equipment is necessary to evaluate wear. With this purpose, a knee prosthesis wear simulator has been built to evaluate the behaviour of different pairs of material, reproducing in vivo behaviour of a knee prosthesis. The tests made with the simulator show that the treatment of the metallic component with ionic implantation and the DLC coating improve the polyethylene wear, while the Titanium Nitride greatly increases wear.

La finalidad de una prótesis de rodilla es restaurar la función deficitaria de un sujeto en dicha articulación, disminuyendo, o incluso anulando, la presencia de dolor en la rodilla. Aunque los avances en el diseño de estos sistemas protésicos han sido muy importantes en los últimos años, sigue estando presente una constante amenaza, el aflojamiento de sus componentes debido a la presencia de partículas de polietileno procedentes del desgaste entre superficies. >

8 | Implantes

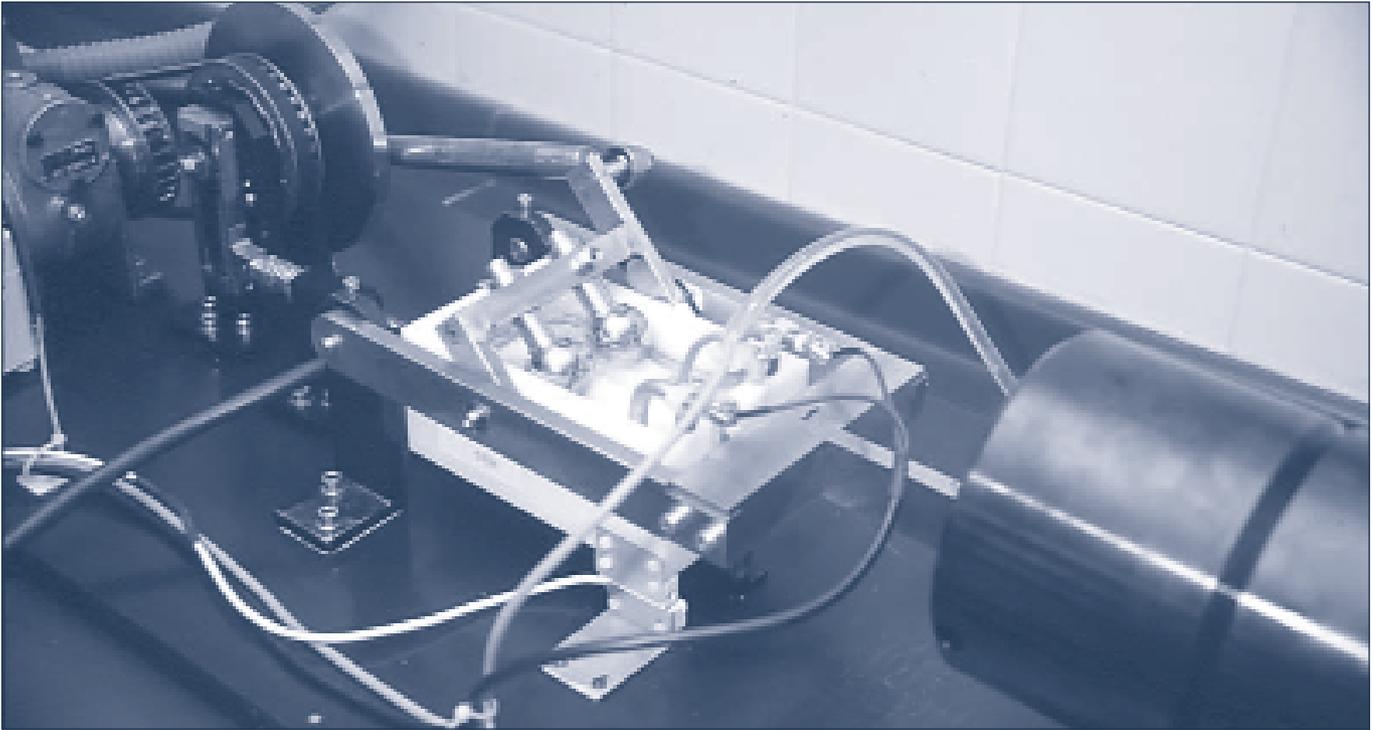


Figura 1. Simulador de desgaste de materiales para prótesis de rodilla.

> De todos los biomateriales, la pareja cuyo uso se ha impuesto para esta aplicación en los últimos años es la aleación de Cromo-Cobalto-Molibdenu para el componente femoral y el polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE) para el componente tibial. La evaluación del desgaste entre dichas superficies se puede realizar desde tres enfoques:

- Estudios de seguimiento clínico *in vivo* mediante técnicas de diagnóstico por la imagen (TAC y radiografía) o *in vitro* mediante el análisis de prótesis retiradas.
- Estudios con simuladores articulares, en los que la prótesis completa está sometida a cargas y desplazamientos semejantes a los que soporta durante su uso.
- Estudios mediante probetas de geometrías básicas y cinemática simplificada.

De todos ellos el último es el que presenta una mayor viabilidad, puesto que permite aislar el efecto de los materiales empleados sobre el desgaste, las probetas de material son mucho más sencillas y fáciles de fabricar y los sistemas de ensayo son menos complejos. Basándonos en el análisis del tipo de contacto y el movimiento característico de la articulación de la rodilla, se ha diseñado un simulador de desgaste (Figura 1) en el que una probeta metálica de geometría esférica (que simula el cóndilo femoral) realiza un movimiento combinado de rodadura y deslizamiento sobre una probeta de polietileno (UHMWPE) con una amplitud de 12 mm, transmitiendo una

carga constante que provoca una tensión de contacto inicial semejante a la localizada en una rodilla normal durante el contacto del talón.

Las probetas se encuentran inmersas en una cubeta con agua destilada a 37° C, que simula las condiciones de lubricación de la rodilla, aplicando un total de 5.000.000 de ciclos.

El estudio inicial desarrollado con este simulador se ha centrado en la evaluación de diferentes tratamientos y recubrimientos sobre el componente metálico: implantación iónica de Nitrógeno (N+) y recubrimientos con Carbono (*Diamond Like Carbon*, DLC) y nitruro de Titanio (TiN).

Los recubrimientos de nitruro de Titanio (TiN) y de Carbono (DLC) se realizaron mediante tecnología PVD (Deposición Física por Vapor) y PACVD (Deposición Física por Vapor Asistida por Plasma) respectivamente, y consistieron en la creación de una capa dura sobre el sustrato metálico. La implantación iónica (N+) es un tratamiento que consiste en el bombardeo de la superficie mediante iones de Nitrógeno que penetran en la misma modificando sus propiedades. En el presente trabajo se empleó como sustrato el CrCoMo.

La medida de la masa de polietileno desgastada se realiza mediante el pesaje de la probeta de material plástico, siguiendo un protocolo basado en la norma ASTM F732-82 y, por otro, mediante perfilometría láser 3D que proporciona información de la huella dejada en la probeta de polietileno por el componente metálico.

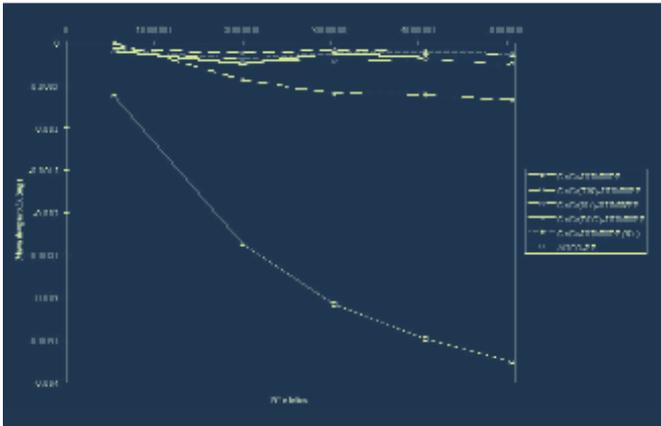


Figura 2. Masa de UHMWPE desgastada a lo largo de los ensayos para cada pareja de materiales ensayada.

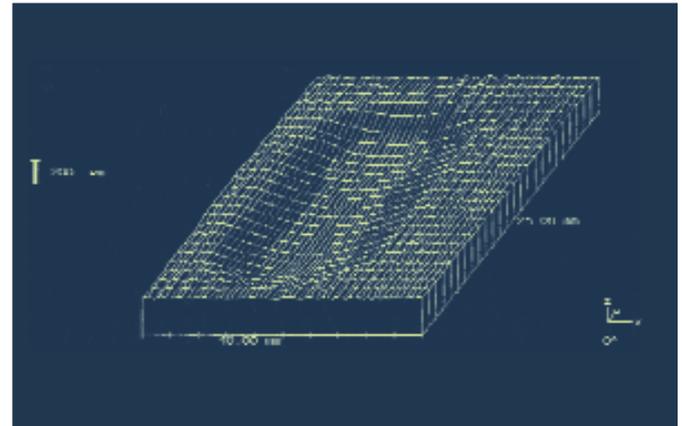


Figura 3. Detalle de la huella dejada sobre el UHMWPE durante el ensayo frente a CrCoMo con implantación iónica, obtenida por perfilometría láser.



Figura 4. Fotomicrografía de delaminación de la capa dura del recubrimiento con nitruro de Titanio (aumento original, 500x).

En la figura 2 se muestra la gráfica de la evolución de la **masa de UHMWPE** desgastada a lo largo de los ensayos.

Se observa que al término de los ensayos después de 5.000.000 de ciclos, el recubrimiento del componente metálico con nitruro de Titanio proporciona una masa desgastada de polietileno significativamente mayor que la pareja considerada como referencia (CrCoMo/UHMWPE) (3,5 mg frente a 0,69 mg). En los ensayos realizados con el CrCoMo recubierto con DLC y con el tratamiento de implantación iónica sobre CrCoMo se midieron valores medios de masa desgastada similares (0,15 mg y 0,13 mg respectivamente) y en todos los casos significativamente menores que la pareja de referencia (CrCoMo/UHMWPE). Se observa que la menor cantidad de masa de polietileno desgastada se obtiene con los tratamientos de implantación iónica de Nitrógeno y de DLC, que mejoran sustancialmente el comportamiento a desgaste. El recubrimiento de la superficie de Cr-Co con una capa dura de nitruro de titanio provoca un empeoramiento en el comportamiento a desgaste, obteniendo una masa desgastada casi siete veces mayor que el material sin tratamiento.

Las medidas realizadas mediante **perfilometría láser** apoyan los resultados obtenidos mediante pesaje, mostrando un mayor desgaste en las cabezas nitruradas, aunque refleja un comportamiento muy homogéneo para el resto de materiales. En la figura 3 se muestra un detalle de la huella dejada sobre una de las probetas de UHMWPE obtenido mediante esta técnica.

Finalmente se realizaron observaciones de las probetas mediante **microscopía electrónica**, que proporcionó información adicional para explicar los fenómenos de desgaste. La pareja de materiales con un peor comportamiento (nitruro de Titanio frente a UHMWPE) mostró pequeñas delaminaciones sobre la superficie metálica (Figura 4) y sobre la superficie de polietileno un rayado importante. Estas características sugieren que las pequeñas partículas duras procedentes de la superficie metálica habrían provocado un efecto abrasivo con el consiguiente aumento del desgaste.

De los resultados presentados, se observa que la implantación iónica de Nitrógeno y el tratamiento DLC mejoran el comportamiento frente a desgaste, mientras que el recubrimiento del material metálico mediante una capa dura de nitruro de titanio lo empeora.

Estos resultados preliminares abren una importante línea de actividad para incorporar estos y futuros tratamientos de superficie en el diseño de prótesis de rodilla. La puesta a punto de una metodología de evaluación como la presentada supone un importante apoyo a la industria nacional en la evaluación de futuros desarrollos.

AGRADECIMIENTOS:

El desarrollo y resultados presentados se han realizado dentro del proyecto "Biosurf, tratamientos de superficie y recubrimientos sobre biomateriales para implantes" (95-0072-CT) enmarcado en el programa PETRI cofinanciado por la CICYT, las empresas Industrias Quirúrgicas de Levante, S. A. (IQL) y T. S. IONTECH y realizado por el Instituto de Biomecánica de Valencia y el Centro Tecnológico INASMET.