

EVALUACIÓN DEL DESGASTE EN PRÓTESIS ARTICULARES MEDIANTE SIMULADORES

*Carlos Atienza, Mario Comín,
José Luis Peris, Fernando Mollá*
Instituto de Biomecánica de Valencia

EL DESGASTE DE LOS MATERIALES ES UNO DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS EN LAS PRÓTESIS articulares, no sólo por el debilitamiento de los componentes, que puede llevar al fallo de los mismos, sino porque las partículas de polietileno que se generan provocan a medio y largo plazo el aflojamiento del implante. Con el fin de evaluar el desgaste de materiales para la fabricación de prótesis de rodilla y de cadera se han desarrollado en el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV) tres simuladores que pretenden reproducir las condiciones a las que están sometidas este tipo de prótesis *in vivo*.

Wear evaluation of joint prostheses by means of simulators

In the field of joint replacements, wear is one of the main problems, not only because of the weakening of the components, that can lead to their failure, but because polyethylene particles could cause, in the mid or long term, aseptic loosening of the implant. In order to assess the wear behaviour of materials for knee and hip prostheses, three simulators have been developed in the Institute of Biomechanics of Valencia (IBV) which try to reproduce *in vivo* physiological conditions.

INTRODUCCIÓN

El desgaste del polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE) plantea hoy en día uno de los principales problemas clínicos en las prótesis articulares (**Figura 1**). Para una tasa de desgaste típica de 0.1 mm/año en las prótesis de cadera se generan millones de partículas de tamaños comprendidos en un rango de 0.3 μm – 1 mm. Los fagocitos, durante su tarea infructuosa de disolver las partículas de menor tamaño (0.3 – 10 μm), liberan mediadores (citoquinas) que inducen la resorción ósea llevando en gran parte de los casos al aflojamiento protésico y a una revisión inevitable.

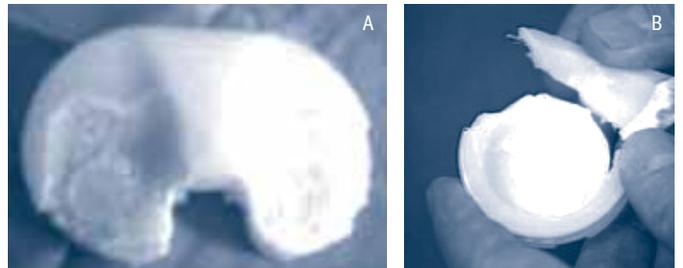


Figura 1. Componente tibial de UHMWPE de una prótesis de rodilla (A)* y cotilo de UHMWPE de una prótesis de cadera después de su retirada (B).

*McGovern *et al.* 2002 J. Bone Joint Surg. 84A(6) 901-906



Figura 2. Máquina POC con sus cuatro estaciones.



Figura 3. Simulador de rodilla bidireccional.

> Uno de los caminos para mejorar el comportamiento y la durabilidad de las prótesis articulares pasa, por tanto, por el estudio del desgaste del componente plástico.

Existen básicamente tres enfoques para abordar la problemática del desgaste en prótesis articulares:

—Estudio en máquinas de desgaste con probetas de geometrías sencillas y cinemática simplificada (*screening test*). Estas máquinas permiten estudiar el comportamiento frente al desgaste de nuevos materiales y tratamientos o recubrimientos susceptibles de ser empleados en la fabricación de implantes puesto que permite aislar el efecto de los materiales empleados sobre el desgaste (independientemente del diseño), los sistemas de ensayo son menos complejos, ya que contemplan simplificaciones en la cinemática de la articulación y las probetas de material son sencillas y de fácil fabricación (para los simuladores articulares es necesario disponer de prototipos completos del implante).

—Estudios del desgaste *in vitro* mediante el análisis de prótesis retiradas.

—Estudios con simuladores articulares en los que la prótesis completa está sometida a cargas y desplazamientos lo más parecidos posible a los que soporta durante su uso una vez implantada.

En el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV) se están desarrollando y validando tres simuladores:

—Para ensayos rápidos de pares de materiales se ha puesto a punto una **máquina Pin-on-Cylinder (POC)**.

—Para la **rodilla** se emplea un simulador simplificado bidireccional, que reproduce las condiciones tribológicas en las articulaciones de la rodilla mediante probetas de geometrías sencillas y cinemática simplificada.

—Para la **cadera** se ha puesto a punto un simulador articular del tipo *biaxial rocking motion (BRM)* que reproduce las condiciones tribológicas en las articulaciones de la cadera mediante probetas de geometrías similares a las reales y cinemática simplificada.

MÁQUINA POC

En los ensayos de desgaste es común el uso de máquinas *Pin-on-Cylinder* (llamada por algunos autores *Pin on Disk*). La máquina POC desarrollada por el IBV permite simplificar notablemente el comportamiento de la rodilla (y cadera), de forma que se pueden comparar con gran rapidez distintos pares de materiales (Figura 2).

Existen muchas configuraciones diferentes de máquinas de *screening*. La desarrollada por el IBV hace deslizar un *pin* de polietileno contra un cilindro de acero inoxidable.

Las probetas de polietileno empleadas son pequeños cilindros de UHMWPE de 13 mm de longitud y 9 mm de diámetro. Estos *pins* aplican con su cara plana una fuerza estática de 147 N sobre la superficie de los cilindros, que giran a velocidad constante.

Los cilindros están fabricados en acero inoxidable templado, y la superficie de deslizamiento en contacto con los *pins* está pulida del mismo modo y con rugosidades similares a las de los componentes metálicos de las prótesis de rodilla y cadera (rugosidad < 0.05 μm).

El simulador del IBV cuenta con cuatro estaciones que permiten el ensayo de 4 probetas de UHMWPE, siendo la frecuencia de giro de los discos de 2 Hz. El fluido lubricante está compuesto por suero bovino (concentración de proteínas 18-20%), $\text{H}_2\text{O}(\text{d})$ triplemente filtrada, azida sódica y EDTA.

SIMULADOR DE RODILLA BIDIRECCIONAL

El nuevo simulador de desgaste de rodilla realiza un contacto tipo esfera-superficie plana e incorpora tres movimientos para simular de una forma más real el comportamiento de una prótesis de rodilla (Figura 3). Las características del simulador de rodilla bidireccional desarrollado por el IBV son las siguientes:

- El simulador cuenta con los movimientos combinados de:
 - Flexo-extensión.
 - Traslación antero-posterior.
 - Rotación interna-externa.
- El fluido lubricante está compuesto por suero bovino (concentración de proteínas 18-20%), H₂O(d) triplemente filtrada, azida sódica y EDTA.

Las cargas aplicadas son estáticas y generan tensiones en el contacto del mismo orden a las que se producen en las prótesis de rodilla una vez implantadas.

El estudio y seguimiento del desgaste del componente plástico se lleva a cabo por métodos gravimétricos y mediante la extracción y caracterización de las partículas.

Los **resultados** con este tipo de simuladores han mostrado que la tasa de desgaste medida para el par CoCr vs UHMWPE en el simulador simplificado de rodilla, por métodos gravimétricos, es semejante a la obtenida por otros autores en simuladores de rodilla más complejos. El rango de desgaste del simulador a 10 millones de ciclos se situó entre los 12.3 y los 16.3 mg/10⁶ ciclos. Del mismo modo, las partículas obtenidas son geométrica y morfológica-mente asimilables a las extraídas de articulaciones de rescate (**Figura 4**).

SIMULADOR DE CADERA TIPO BRM

El nuevo simulador de desgaste de cadera biaxial desarrollado por el IBV realiza un contacto tipo esfera-esfera e incorpora tres movimientos: flexo-extensión, abducción-aducción y rotación interna-externa. Las características del simulador de cadera se presentan en la **Tabla I**.

El fluido lubricante está compuesto por suero bovino (concentración de proteínas 18-20%), H₂O(d) triplemente filtrada, azida sódica y EDTA, cubriendo totalmente las superficies articulares que se encuentran en contacto.

El ciclo de carga, obtenido mediante un sistema hidráulico, corresponde al ciclo de marcha normal con un primer pico de amplitud 1600 N y un segundo pico de amplitud 2500 N (**Figura 5**). La frecuencia de aplicación de carga a la que trabaja la máquina es de 1 Hz. El simulador de desgaste de prótesis de cadera se compone de 4 estaciones, tres de ellas aplican la carga con el movimiento descrito y la cuarta sin movimiento (para estudiar el efecto de la deformación plástica).

Actualmente el simulador de rodilla está siendo utilizado dentro del proyecto europeo **Alusi** (*Development of alumina forming ODS ferritic superalloys as new biomaterial for surgical implants*) para la evaluación de distintos pares de materiales entre los que se encuentran: CrCoMo-UHMWPE, Alúmina-UHMWPE, PM2000 (no oxidada)-UHMWPE y PM2000 (oxidada)-UHMWPE. La máquina POC, el simulador de rodilla, y el simulador de cadera serán utilizados en el proyecto europeo **Betaproth** (*Improved abrasion properties and increased useful life of UHMWPE hip and knee prosthesis, using electron beam irradiation*) para la evaluación de nuevos UHMWPE con características mejoradas frente al desgaste, que comenzará próximamente.

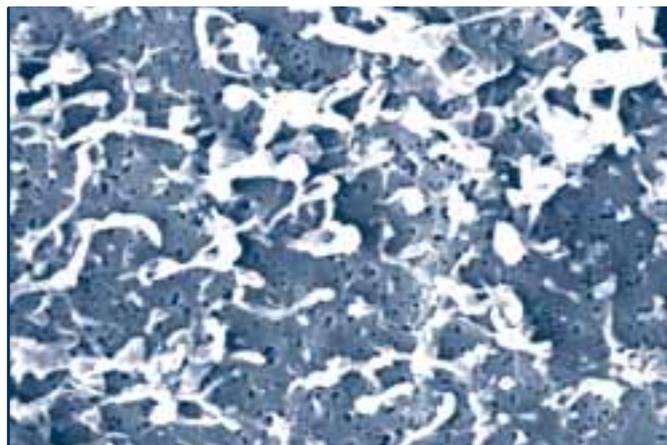


Figura 4. Partículas obtenidas con el simulador de rodilla bidireccional.

Tabla I: Características del simulador de cadera

	SIMULADOR (GRADOS)	FISIOLÓGICO (GRADOS)
Movimiento de flexo-extensión	+23, -23	+30, -15
Movimiento abducción-aducción	+23, -23	+9, -9
Rotación interna-externa	+18, -12	+9, -6



Figura 5. Simulador de desgaste de cadera.

AGRADECIMIENTOS

- El desarrollo de las máquinas ha sido financiado parcialmente por:
- La Comisión Europea (Proyecto RTD ref. G5RD-CT-1999-00083). "Alusi, development of alumina forming ODS ferritic superalloys as new biomaterial for surgical implants".
 - Ministerio de Ciencia y Tecnología (Acción especial PN ref. MAT2000-1810-CE).
 - El proyecto "Biosurf, tratamientos de superficie y recubrimientos sobre biomateriales para implantes" (95-0072-CT) enmarcado en el programa PETRI cofinanciado por la CICYT.
 - IMPIVA. Plan Tecnológico 1999, dentro del Programa de Fomento de la colaboración entre Centros de Investigación y Empresas. "Optimización del comportamiento funcional de prótesis de rodilla".