

ESTUDIO DE DESGASTE DE MATERIALES PARA PRÓTESIS DE RODILLA

Por Mario Comín y Claudio Reig
INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA

La implantación de una prótesis articular consiste en la sustitución de las superficies de una articulación patológica por un sistema artificial a través de un tratamiento quirúrgico, con el objetivo de eliminar el dolor y restaurar la función de la misma aumentando, por lo tanto, la calidad de vida del paciente.

En el caso de la cadera son más de 300.000 las intervenciones anuales que se realizan en el mundo para sustituir la articulación por una prótesis. En efecto, el desarrollo e implantación de las prótesis articulares es quizás el mayor avance de la cirugía ortopédica del siglo.

El éxito de este tipo de sustituciones depende, en gran parte, del desgaste de los materiales con los que se fabrican habiéndose experimentado importantes adelantos en este campo en los últimos treinta años entre los que se incluyen el diseño de las superficies en contacto, la selección de los materiales y la mejora en la calidad de la fabricación.

Los materiales más comúnmente utilizados en las prótesis totales de rodilla son la aleación de Cromo-Cobalto-Molibdeno (ASTM F-75) y la aleación de Titanio-Aluminio-Vanadio (ASTM F-136). Los componentes metálicos se articulan con un componente opuesto de polietileno de ultra-alto peso molecular (UHMWPE) introducido por Charnley en el año 1962.

Se están estudiando nuevos tratamientos superficiales de los materiales existentes. El tratamiento

Financiado por el Plan Tecnológico y la empresa Industrias Quirúrgicas de Levante, el Instituto de Biomecánica de Valencia ha desarrollado una máquina de desgaste que simula las condiciones de carga y movimientos de la articulación de la rodilla, la cual permitirá seleccionar la pareja de materiales óptima para este tipo de prótesis.

superficial de las aleaciones de titanio con nitruros, las pasivaciones con ácidos y la implantación de iones de nitrógeno están mejorando el comportamiento a desgaste de estas aleaciones. El empleo de materiales cerámicos ha mostrado un menor desgaste del componente de polietileno en las prótesis de cadera, lo que los hace materiales atractivos también para las prótesis de rodilla. Se han realizado algunos intentos de reforzar el polietileno a base de fibras de carbono, sin haber obtenido ventajas significativas.

Los fenómenos de desgaste tienen efectos adversos no sólo por la pérdida de resistencia mecánica y de funcionalidad de las superficies sino también, por la liberación de pequeñas partículas al organismo con efectos nocivos para el mismo, que varían desde una simple inflamación hasta el aflojamiento de la prótesis implantada.

Aunque hoy en día se ha conseguido que la vida de una prótesis llegue a ser de diez a quince años, sería deseable aumentar ésta a fin de evitar la sustitución de la prótesis en pacientes jóvenes y por lo tanto más

activos. Uno de los posibles caminos para aumentar la duración de las prótesis es a través del estudio del desgaste para elaborar materiales más duraderos.

Diseño de una máquina de ensayos para caracterizar el desgaste de materiales de prótesis de rodilla

Enmarcado en un proyecto de Investigación Precompetitiva financiado por el Plan Tecnológico Valenciano y la empresa Industrias Quirúrgicas de Levante, S.A., tendente a la generación de criterios biomecánicos y clínicos para el diseño de prótesis de rodilla, se ha desarrollado en el IBV una máquina de desgaste específica que simula las condiciones de carga y movimiento en dicha articulación y que permitirá seleccionar la pareja de materiales óptima para la prótesis.

Aunque en la bibliografía hay desarrolladas un gran número de máquinas para estudios de desgaste, la práctica totalidad de ellas están enfocadas a prótesis de cadera. Dichos sistemas simulan las condiciones de contacto esfera-casquete esférico característico de dicha articulación. Para ello se emplea una probeta cilíndrica de polietileno sobre la que se aplica



El desarrollo e implantación de las prótesis articulares es quizás el mayor avance de la cirugía ortopédica del siglo.

una carga y se hace deslizar sobre una placa metálica plana (pin-on-flat) (Figura 1)

Sin embargo, para el estudio de desgaste en prótesis de rodilla ha sido necesario el estudio de las condiciones particulares de funcionamiento de dicha articulación y su implementación mecánica en un sistema que simule lo mejor posible dichas condiciones.

La articulación de la rodilla permite el movimiento relativo entre el fémur y la tibia, realizando la transmisión de las cargas que se generan durante la realización de las actividades fisiológicas entre ambos huesos.

Aunque el movimiento de la rodilla se produce simultáneamente en tres planos (plano sagital, frontal y transversal), en lo que se refiere al desgaste se simplifica considerándolo contenido en el plano sagital, dado que es el que presenta mayor amplitud, siendo los movimientos en los otros dos planos dependientes fundamentalmente de la posición de la rodilla en el plano sagital.

Si se observa detalladamente el movimiento de la rodilla en el plano sagital, éste se puede descomponer en una rotación y en un deslizamiento. La relación entre la rodadura y el deslizamiento no es constante, dependiendo del grado de flexión. Esta relación viene a ser de 1:2 en la fase inicial y de 1:4 en la fase final de la flexión. Dado que esa variación sería muy difícil de implementar en un diseño se ha optado por una relación de movimiento deslizamiento-rodadura de 1 a 2 puesto que la fase inicial de la flexión coincide con las condiciones de carga más desfavorables.

La transmisión de cargas en la rodilla puede simularse mediante el modelo esfera-plano (Figura 2) que produce unas condiciones de carga más desfavorables que en el caso de la cadera. Para la selección de las fuerzas que se aplican en la máquina (50 Kg.) se han considerado las cargas que se producen realmente en la rodilla y se

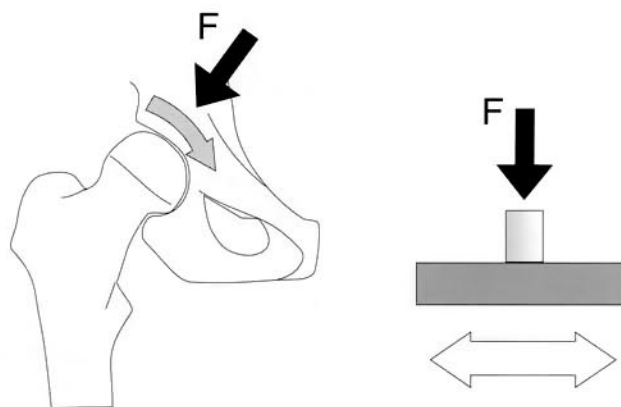


Figura 1: Condiciones del contacto en la cadera y simulación en máquina de ensayo

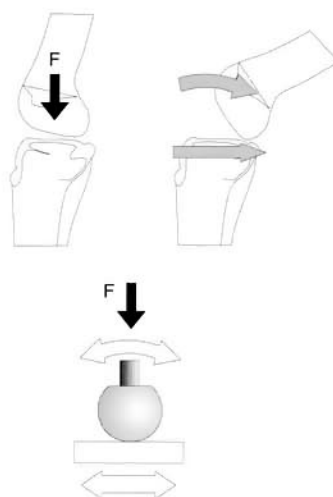


Figura 2: Condiciones del contacto en la rodilla y simulación en máquina de ensayo.

han tenido en cuenta las recomendaciones de carga de las normas ASTM en cuanto a ensayos de desgaste de materiales para prótesis.

La máquina de ensayos, desa-

rollada utilizando avanzadas técnicas de diseño asistido por ordenador (CAD) (Figura 3), consiste en un sistema que permite la aplicación de una carga de compresión y otro sistema que proporcionará el movimiento relativo entre las dos superficies de contacto. Los especímenes se someterán a 2.000.000 de ciclos a una frecuencia de 2 Hz. La zona de contacto entre materiales está inmersa, durante la realización del ensayo, en agua destilada y a una temperatura controlada cercana a la corporal, para simular el entorno fisiológico de la prótesis.

De los ensayos se obtendrán las variaciones de masa desgastada y la evolución del coeficiente de rozamiento para cada pareja de materiales, información que permitirá la selección óptima de los materiales para la fabricación de una futura prótesis, en la que se habrá mejorado las condiciones de desgaste.

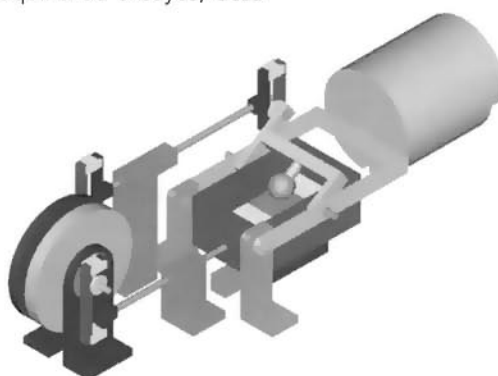


Figura 3: Esquema de máquina de ensayos desarrollada mediante técnicas CAD.