

DESARROLLO DE UN NUEVO CONCEPTO DE ARTICULACIÓN ORTÉSICA DE RODILLA

*José María Baydal Bertomeu, Juan Manuel Belda Lois,
Ricard Barberà i Guillem*
Instituto de Biomecánica de Valencia

EL INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA (IBV) HA DESARROLLADO UN NUEVO CONCEPTO DE articulación ortésica de rodilla, basada en un mecanismo de cuatro barras cruzado, diseñada especialmente para mejorar la comodidad y la protección de los ligamentos de la rodilla. La nueva articulación se ha diseñado para reproducir la trayectoria del eje instantáneo de rotación (EIR) de la rodilla humana, en el lugar donde ésta irá situada. La metodología de algoritmos genéticos se ha aplicado como herramienta matemática para solucionar este complejo problema de optimización. Esta metodología permite determinar el mecanismo de cuatro barras óptimo para cumplir con los requisitos particulares del diseño de forma personalizada. Esta investigación se ha desarrollado en el marco del proyecto europeo GAIT, oferta N°: IST-2001-37751, cuyo objetivo es desarrollar un nuevo sistema de ortesis activa para la evaluación biomecánica y la compensación de problemas musculares del cuádriceps.

Development of a new concept of orthotic knee joint

The Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV) has developed a new concept of an orthotic knee joint based on a crossed four-bar mechanism, specially designed to improve the comfort and the knee ligament protection. This knee joint tries to follow accurately the pathway performed by the Instant Helical Axis (IHA) of the knee, at the place in which the knee hinge will be located. Genetic Algorithms Methodology has been applied, as a new mathematical tool to solve this complex optimization problem. This methodology enables manufacturing customized optimal hinges. This research has been developed in the frame of the European project, proposal N°: IST-2001-37751, with the acronym of GAIT. The aim of this project is to provide a new approach to active orthotic functional compensation and biomechanical evaluation of quadriceps weakness.

INTRODUCCIÓN

Aunque el propósito principal de cualquier ortesis de miembro inferior es proporcionar estabilidad, corregir y descargar la extremidad durante la realización de tareas funcionales, las

articulaciones externas se deben diseñar para ser razonablemente compatibles con el movimiento fisiológico de la articulación que protegen. Existen estudios publicados con el propósito de evaluar la compatibilidad cinemática de diversas articulaciones ortésicas de rodilla. De estos trabajos



18 proyectos de I+D

> se puede concluir que las articulaciones ortésicas, actualmente disponibles en el mercado mundial, no desarrollan un movimiento fisiológico y no siguen correctamente el movimiento humano de la rodilla. Por lo tanto, se hace evidente que es necesario mejorar el concepto mecánico de las articulaciones ortésicas para mejorar la compatibilidad cinemática con las articulaciones humanas que protegen. Este proyecto se ha desarrollado en el marco del proyecto europeo GAIT, cuyo objetivo es desarrollar una ortesis inteligente de miembro inferior que consiga compensar los efectos de debilidad muscular en el cuádriceps. En este proyecto se ha colaborado con los siguientes socios:

- Instituto de Automática Industrial, (Arganda del Rey, Madrid).
- Roessing Research and Development (Enschede, Holanda).
- Ossür (Reykjavick, Islandia).

METODOLOGÍA EMPLEADA

En el desarrollo de la articulación ortésica de rodilla ha sido necesario definir el movimiento de la rodilla humana, para lo que se ha utilizado el modelo cinemático de "Walter *et al*", a partir del cual se puede determinar el eje instantáneo de rotación en el rango completo de flexo-extensión de la rodilla. Una vez determinado el eje instantáneo de rotación de la rodilla, se ha obtenido la trayectoria que debería seguir una articulación ortésica que fuese situada en un plano localizado a 6 cm de distancia del centro de la misma (Figura 1).

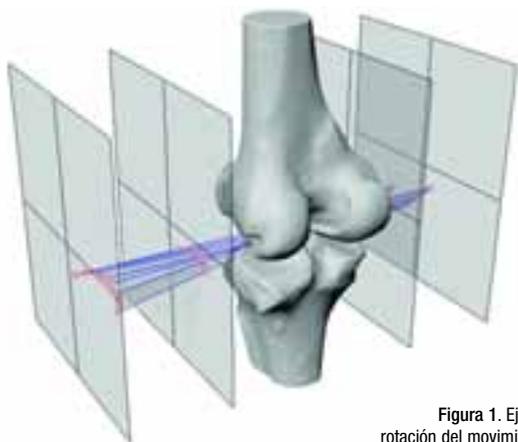


Figura 1. Eje instantáneo de rotación del movimiento de la rodilla humana, modelo Walter *et al*.

A partir de la trayectoria deseada, se ha utilizado la metodología de los algoritmos genéticos para dimensionar óptimamente un mecanismo de cuatro barras cruzado con el objetivo de que reprodujese dicha trayectoria. Los mecanismos de cuatro barras tienen la propiedad de que el punto donde se cruzan las barras es justamente el eje instantáneo de rotación. De este modo se facilita la obtención del desarrollo matemático que describe su movimiento. Los algoritmos matemáticos de optimización se han implementado en el entorno de programación de Matlab® y se han dejado como variables del sistema la probabilidad de mutación y el tamaño inicial de la muestra. Como restricciones se ha utilizado el tamaño máximo que podría

tener la articulación, así como las posibles posiciones imposibles del mecanismo, para lo que se le ha hecho cumplir la condición de Grasshoff. Después de ejecutar dichos algoritmos durante varias sesiones, se ha obtenido un mecanismo de cuatro barras que consigue reproducir de forma óptima la curva deseada.

La figura 2 muestra una comparación gráfica entre el movimiento de rodilla humano, descrito con el modelo "Walter *et al*", y el movimiento reproducido por diversas articulaciones ortésicas: una monocéntrica, una policéntrica y la articulación desarrollada en este proyecto. Se puede apreciar cómo la articulación del proyecto GAIT se ajusta más al movimiento de la rodilla humana.

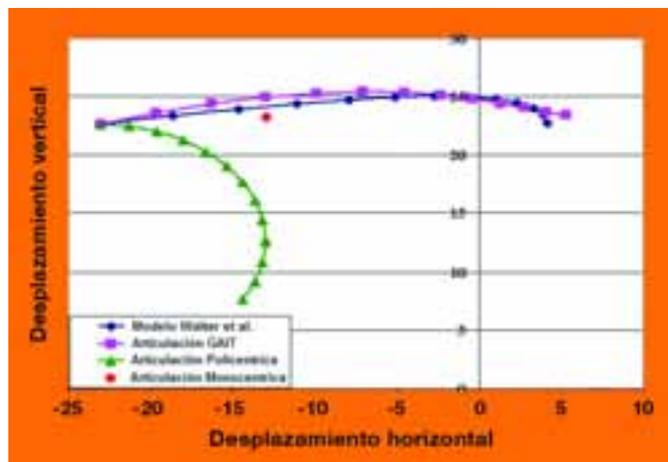


Figura 2. Comparación del movimiento descrito por la rodilla humana y diversas articulaciones.

La figura 3 muestra el intervalo de confianza para la media del error acumulado en todo el rango de movimiento de cada una

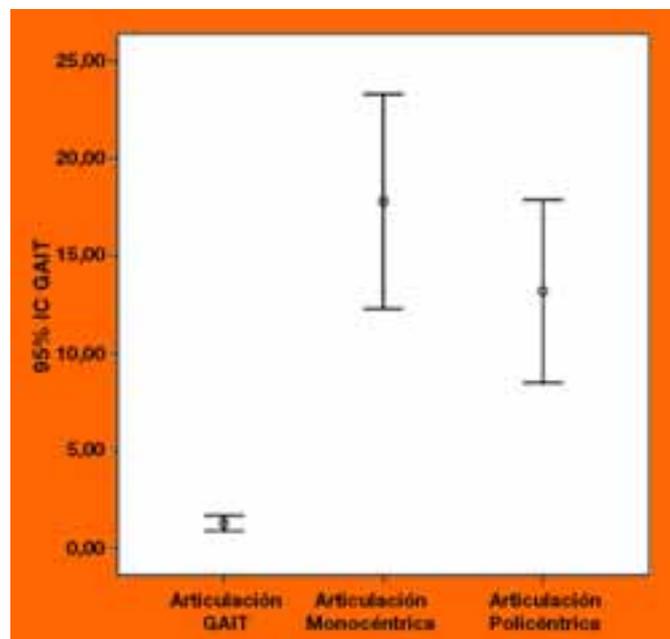


Figura 3. Desplazamiento relativo acumulado de tres tipos de articulaciones respecto a la rodilla humana.

de las articulaciones y el movimiento real de la rodilla humana. Se puede apreciar como el error acumulado de la articulación del proyecto GAIT es inferior a 3 cm, mientras que los errores acumulados de las otras articulaciones son superiores a 12 cm.

CONCLUSIONES

La articulación GAIT mejora la compatibilidad cinemática y consigue reproducir mejor el movimiento de la rodilla humana que las articulaciones existentes actualmente en el mercado. Una mejor reproducción del movimiento humano de la rodilla comporta dos mejoras claras:

- Reducción de los desalineamientos entre la ortesis y la extremidad. La reproducción del movimiento fisiológico humano reduce los desajustes entre articulación humana y ortésica y de este modo se reducen los desplazamientos relativos entre la ortesis y la pierna, lo que contribuye a aumentar el confort del usuario de la ortesis.
- Protección de los ligamentos. La mejora de la compatibilidad cinemática reduce también la aparición de fuerzas internas en la rodilla humana, garantizando una mejor protección de los ligamentos y del resto de los tejidos blandos de la estructura interna de la misma.

Además, la metodología seguida en el diseño de esta articulación va a permitir en el futuro el desarrollo de articulaciones ortésicas personalizadas, logrando así una continua mejora del confort y de la seguridad de los usuarios de dispositivos ortésicos. La articulación ortésica concebida en el presente proyecto ha sido patentada con el número de solicitud 200302322. ●

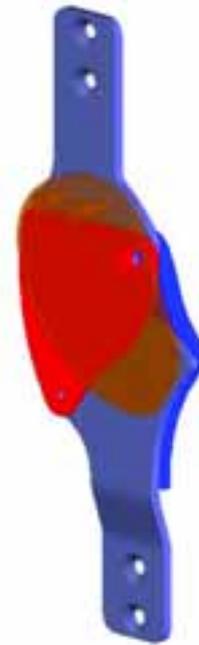


Figura 4. Diseño de la articulación del proyecto GAIT.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestra gratitud a las entidades participantes en el proyecto GAIT (Instituto de Automática Industrial, Ossür y Roessing Research and Development), por su buena disposición y ayuda prestada en la realización de la presente articulación de rodilla.