



# Programa Detallado y Libro de Resúmenes

## IX Reunión del Capítulo Español de la Sociedad Europea de Biomecánica (ESB)

24 y 25 de octubre de 2019

Las Palmas de Gran Canaria



# ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA CINEMÁTICA DE LA MUÑECA HUMANA EN EL TRANSPORTE DE OBJETOS. APLICACIÓN AL DISEÑO DE PRÓTESIS DE MUÑECA.

César Corella Mora<sup>1</sup>, Antonio Pérez González<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universitat Jaume I, Castellón, España, aperez@uji.es

## Introducción

Actualmente la mayor parte de las prótesis de miembro superior utilizan muñecas fijas o con un solo grado de libertad pasivo (pronación/supinación, P/S), ya que el introducir más grados de libertad complica el diseño mecánico, el control y la carga mental del usuario. Sin embargo, la ausencia de la articulación de la muñeca exige movimientos compensatorios del brazo o el cuerpo, que resultan incómodos y pueden generar problemas musculoesqueléticos a largo plazo. En algún trabajo previo<sup>1</sup> se ha analizado la importancia relativa de los grados de libertad de la muñeca respecto a otros en la propia mano, concluyéndose que es posible simplificar el diseño de la mano protésica si esto se compensa con una mayor movilidad en la muñeca.

Un control automático de los movimientos de flexión/extensión (F/E) y abducción/aducción (A/A) de la muñeca permitiría aumentar las funcionalidad sin incrementar la carga mental. Pero para que este control automático sea factible deben conocerse los patrones que relacionan los giros anatómicos de la muñeca con otros parámetros cinemáticos.

En otros trabajos previos se han analizado los movimientos de la muñeca humana en tareas de manipulación, pero con otros fines<sup>2,3</sup>. Hay escasos trabajos previos que estudien correlaciones que permitan automatizar los movimientos de una muñeca protésica<sup>4</sup>.

En este trabajo se plantea un trabajo preliminar con un solo sujeto para analizar experimentalmente los patrones entre los movimientos y orientaciones del brazo y los ángulos de la muñeca en el transporte de dos objetos entre diferentes posiciones.

## Material y métodos

Un sujeto sano diestro, sin patología conocida previa en miembro superior (edad 22 años, altura 1.75 cm) fue instrumentado con diferentes sensores empleando el sistema de captura de movimiento Polhemus Fastrak, que permite registrar la posición y orientación instantánea de hasta cuatro sensores respecto a un transmisor fijo. Se emplearon 4 sensores, colocados en las siguientes posiciones del sujeto (Figura 1): mano, antebrazo, brazo y tronco (espalda). Los sensores se fijaron mediante brazaletes elásticos en el brazo y mediante un arnés con velcro para la espalda. El sujeto realizó tareas de transporte sobre dos objetos abstractos del protocolo SHAP (cilindro de diámetro 50 mm y esfera de diámetro 70 mm), desde una posición de partida a una de destino, tomando las posiciones de partida y destino entre las cuatro posiciones posibles (UL, UR, DL, DR) de una

estantería vertical colocada sobre una mesa frente al sujeto (Figura 2).

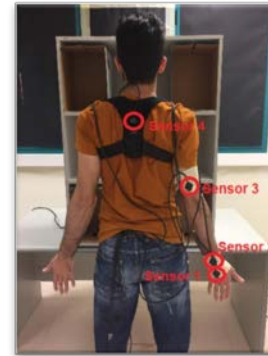


Figura 1: Colocación de sensores sobre el sujeto.

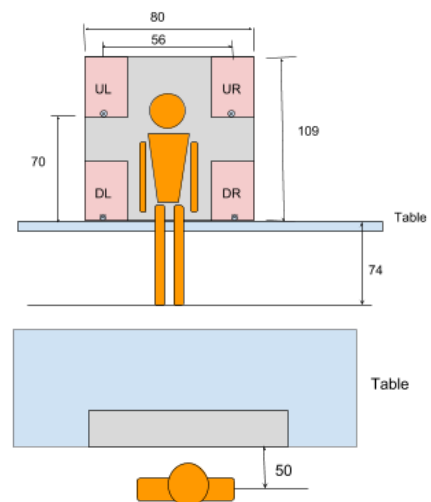


Figura 2: Disposición de sujeto y objetos durante los ensayos.

Se realizaron tareas de transporte para las 12 combinaciones posibles entre las cuatro posiciones (UL, UR, DL, DR) tomadas de dos en dos (origen, destino). Se realizaron 3 repeticiones seguidas para cada combinación. El cilindro se colocó con su eje en vertical en las posiciones de origen y destino.

Los datos registrados por el equipo de medida se trataron mediante MATLAB. Se calcularon los ángulos de giro anatómicos en cada articulación, a partir de los ángulos de Euler con orden de giros F/E-A/A-P/S, partiendo de las matrices de rotación relativas entre segmentos. Se analizaron los rangos de ángulos anatómicos en muñeca (F/E, A/A) y codo (P/S) para cada objeto durante los ensayos. También se analizaron las correlaciones entre los ángulos (F/E, A/A, P/S) y otros parámetros cinemáticos (posición y orientación de sensores, velocidades, aceleraciones y otros ángulos anatómicos). Finalmente se realizó un

análisis de componentes principales (PCA) a partir de los ángulos de la muñeca obtenidos en los ensayos.

## Resultados y discusión

La Figura 3 muestra los rangos de giro en la articulación de la muñeca considerando todos los ensayos, para cada objeto. El mayor rango de movimiento se da en P/S, seguido de F/E y A/A, para ambos objetos. De este resultado se deduce la mayor importancia de mantener dicho grado de libertad para una mano protésica.

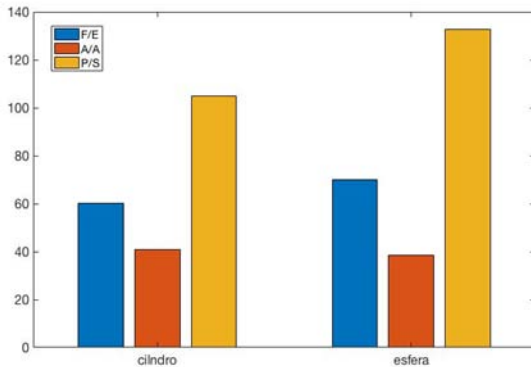


Figura 3: Rango de movimiento en articulación de muñeca y antebrazo para cada objeto.

La evolución de los ángulos anatómicos de la muñeca durante el traslado varió en función del objeto y en función de las posiciones de origen y destino. La Figura 4 muestra un ejemplo representativo de dicha evolución.

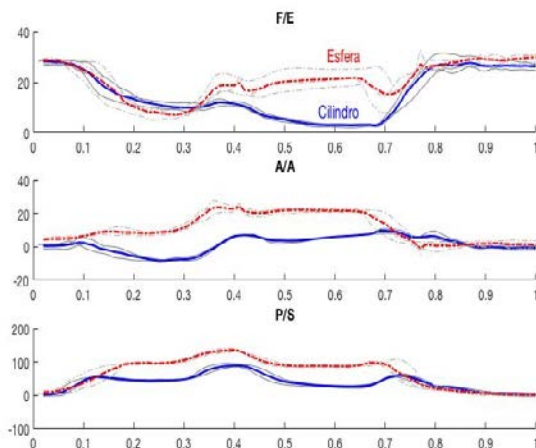


Figura 4: Ángulos (°) durante el tiempo de ensayo normalizado (0-1) con origen DR y destino UL para ambos objetos (repeticiones en gris, valor medio en color).

Las correlaciones entre los ángulos anatómicos y otros parámetros cinemáticos cuyo coeficiente de correlación fue superior a 0.8 (promedio de todos los ensayos) fueron:

- Ángulo A/A y posición vertical del sensor del brazo (para cilindro).
- Ángulo F/E y posición anteroposterior de mano, antebrazo o brazo (para cilindro).
- Ángulo de P/S y ángulo de abducción del codo (para cilindro).

No se obtuvo ninguna correlación superior en promedio a 0.8 para el traslado de la esfera. Tampoco se observaron valores de correlación elevados con las velocidades o aceleraciones.

La tabla 1 muestra los coeficientes y la varianza explicada correspondientes a los tres componentes principales obtenidos a partir del análisis PCA de los ángulos de la muñeca durante los ensayos.

Tabla 1: Resultados del PCA

	PC1	PC2	PC3
F/E	-0.067	0.908	-0.413
A/A	0.134	0.419	0.898
P/S	0.989	0.004	-0.150
Varianza	88.7%	8.8%	2.5%

Como se observa el componente principal más importante (PC1) incluye el movimiento de P/S con cierto acoplamiento al movimiento de A/A y explica casi el 90% de la varianza observada para estos ensayos. El componente PC2 incluye una relación entre el movimiento de F/E y el de A/A.

## Conclusión

Con las limitaciones del tipo de movimientos analizados y el hecho de que se trata un trabajo preliminar con un solo sujeto, se concluye que el grado de libertad principal que debería considerarse en el diseño de una prótesis de muñeca es el de P/S, seguido del de F/E y el de A/A. Se detecta un patrón de relación entre P/S y A/A en el primer componente principal del movimiento observado, que explica cerca del 90% de la varianza.

Se han observado correlaciones altas entre los ángulos de A/A y de F/E y las posición del brazo y del codo para el caso del transporte del objeto cilíndrico, pero no se observan en el caso de la esfera, lo cual complica una posible automatización de movimientos. Como trabajo futuro se plantea ampliar el estudio con más sujetos y mayor variedad de tareas.

## Agradecimientos

Se agradece la financiación del Ministerio de Economía y Competitividad, FSE y FEDER a través de la ayuda al proyecto DPI2017-89910-R. Asimismo, se agradece la financiación de la Universitat Jaume I para el proyecto UJI-B2017-70.

## Referencias

- [1] Montagnani, F. et al. (2015). Is it Finger or Wrist Dexterity That is Missing in Current Hand Prostheses? IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering (2015) 23(4) 600-609.
- [2] Murgia, A. et al. (2004). Marker placement to describe the wrist movements during activities of daily living in cyclical tasks. *Clinical biomechanics*, 19(3), 248-254.
- [3] Valevicius, A. et. al (2019). Characterization of normative hand movements during two functional upper limb tasks. *Gait&Posture* (69), 176-186.
- [4] Caisini, S. et al. (2017). Design of an underactuated wrist based on adaptive synergies, 2017 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). Singapore.