

# SISTEMA DE EVALUACIÓN DE MOVILIDAD EN PACIENTES CON ESPONDILITIS ANQUILOSANTE MEDIANTE SENSORES INERCIALES

Adriana Martínez H.<sup>a</sup>, Rubén Burgos V.<sup>b</sup>, Miguel A. Padilla C.<sup>a</sup>, Juan S. Pérez L.<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Laboratorio de Bio-Instrumentación, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, [mhadri.fi@gmail.com](mailto:mhadri.fi@gmail.com), [miguel.padilla@icat.unam.mx](mailto:miguel.padilla@icat.unam.mx)

<sup>b</sup>Unidad de Reumatología, Hospital General de México “Dr. Eduardo Liceaga”

## RESUMEN

En este trabajo se presenta un primer prototipo de un nuevo método de toma de parámetros, para la valoración física de movilidad en pacientes con Espondilitis Anquilosante (EA). El sistema utilizado para la toma de parámetros está basado en sensores inerciales que nos proporcionan datos de orientación y posición de la columna de pacientes con EA. Dicho sistema, así como el método se desarrollan en la Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico (UIDT) en el Hospital General de México “Dr. Eduardo Liceaga” (HGM) del ICAT de la UNAM.

**Palabras clave:** Espondilitis Anquilosante, Sensores Inerciales, Filtros de Kalman

## ABSTRAC

In this paper we present a first prototype of a new method, for the physical assessment of mobility in patients with Ankylosing Spondylitis (AS). The system used is based on inertial sensors, that provide orientation and position data of the column in patients with AS. This system and the method are developed in the Technological Research and Development Unit in the General Hospital of Mexico "Dr. Eduardo Liceaga".

**Keywords:** Ankylosing Spondylitis, Inertial Sensors, Kalman Filter

## 1. INTRODUCCIÓN

La EA es parte de un grupo de padecimientos llamado espondiloartropatías, que afectan al sistema musculoesquelético, provocando dolor, inflamación, rigidez y con ello una limitación de movilidad [1]. La principal área de afección de la EA es el esqueleto axial (Figura 1), con menor frecuencia daña la cadera, los hombros y órganos vitales. Tiene una prevalencia en nuestro país del 0.9 % de la población, afectando desde jóvenes hasta adultos mayores y afectando a los hombres en una proporción de 5:1 frente a las mujeres [2]. El diagnóstico suele ser tardado e incluso tomar años y recurre a distintas pruebas médicas: análisis de sangre, imagenología médica y análisis físico.

Para el análisis físico se utiliza, dentro del HGM, el índice BASMI (Bath Ankylosing Spondylitis Metrology Index), que comprende 5 parámetros que se correlacionan directamente con la discapacidad funcional (Figura 2). Esta prueba se realiza con goniómetro y cinta métrica, por lo que es susceptible a errores de apreciación y posee una baja sensibilidad al cambio [3].

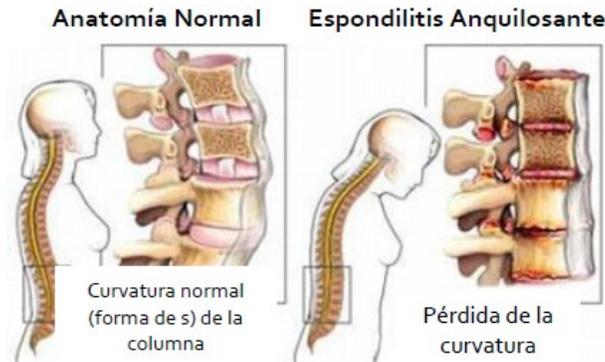


Figura 1. Alteración de la columna lumbar debido a EA

Los rubros que valora el BASMI son [4] [5]:

1. Rotación cervical: Utilizando un goniómetro se mide y se promedia el ángulo que describe el paciente al girar el cuello hacia ambos lados.
2. Distancia Trago-Pared: Se mide con cinta métrica, la distancia del trago de la oreja del paciente, a la pared. El paciente debe estar erguido y tocando la pared con los talones y la espalda.
3. Distancia Intermaleolar: El paciente de pie y con la espalda pegada a la pared, realiza una abducción máxima de cadera. Con cinta métrica se toma la distancia entre maléolos.
4. Flexión lateral: Con los brazos extendidos y pegados al cuerpo, el paciente ejecuta una flexión lateral de columna hacia ambos lados. Se mide la distancia que se acerca la mano del paciente al piso, con cinta métrica.
5. Test de Schober Modificado: En esta prueba se mide la flexión de cadera, colocando dos marcas en la espalda, la primera a la altura de la apófisis espinosa de S1 y la segunda a 10 cm. Después de realizar la flexión, se registra con cinta métrica el aumento de la distancia entre las marcas.



Figura 2. Toma de mediciones con BASMI. a) Rotación cervical. b) Distancia trago-pared. c) Test Schober Modificado. d) Distancia intermaleolar. e) Flexión lateral de columna.

Al no tener cura, el principal objetivo de los tratamientos para este tipo de padecimiento es controlar el dolor y la inflamación para mantener así la funcionalidad; por lo tanto, es fundamental la clasificación, seguimiento y respuesta al tratamiento.

En el estado del arte se reportan trabajos que se han desarrollado para la evaluación de pacientes de EA, por ejemplo: en la Figura 3a se presenta un sistema de evaluación de pacientes con EA mediante acelerómetros y giróscopos, pero solo utiliza 3 sensores y no hacen análisis biomecánico [6]. En la Figura 3b se tiene un sistema comercial de evaluación de la columna lumbar pero solo permite evaluar un solo rango de movimiento, en este caso es la flexión frontal de cadera [7].

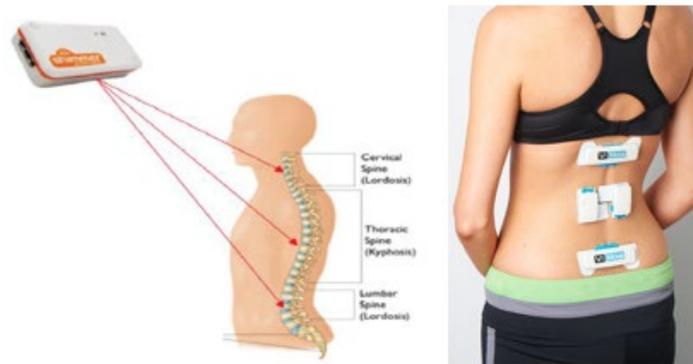


Figura 3: a) Detección de la curvatura de la espalda con tres sensores Shimmer [6], b) Sistema de evaluación de flexión de cadera [7]

## 2. METODOLOGÍA

Para realizar un análisis más completo se propone utilizar un sistema de 12 sensores inerciales comunicados inalámbricamente con la computadora, por medio de una antena de Bluetooth. Cada sensor contiene tres acelerómetros, tres giróscopos y tres magnetómetros para hacer un seguimiento en tres dimensiones, apoyado de un algoritmo basado en filtros de Kalman [8] [9] para la correcta estimación de orientación y posición. Por medio del giróscopo se obtiene la orientación, mientras que el acelerómetro y magnetómetro proporcionan la referencia (Figura 4). Además, se realizó el rediseño de la tarjeta comercial de los sensores para reducir el tamaño y poder colocar varios de estos a través de la columna.

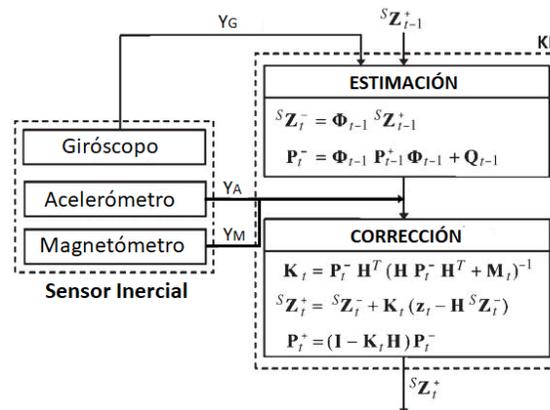


Figura 4. Filtro de Kalman utilizado

Se propuso inicialmente, que los participantes del estudio realizaran dos movimientos: flexión lumbar lateral y flexión de cadera. Que son dos de los movimientos realizados en el BASMI, colocando los sensores en la parte lumbar de la columna (Figura 5).

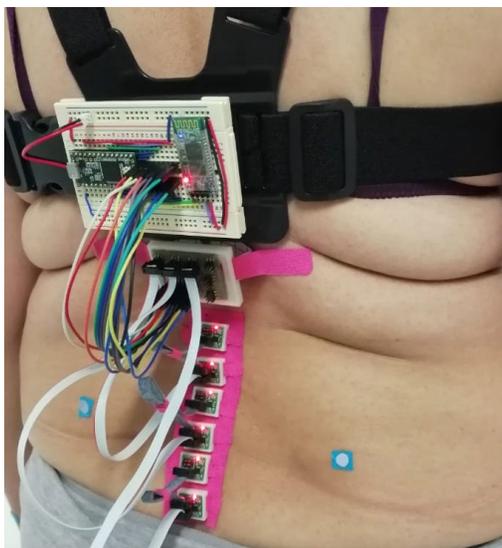


Figura 5. Sistema propuesto

### 3. RESULTADOS PRELIMINARES

Se realizaron pruebas preliminares del método con pacientes de EA y personas sin afectación en la columna, se obtuvieron curvas que indican que es posible hacer el seguimiento de la columna con mejor sensibilidad que el método convencional (BASMI). En la Figura 6 se observa una gráfica de los ángulos que describen los sensores a través del tiempo, mientras el participante realiza repetidamente flexión de cadera, cada línea es un sensor. Por lo que se propone modificar la disposición de los sensores para abarcar toda la columna e incluir un sensor para la cabeza y dos para las piernas para tener un mejor seguimiento y obtener mayores parámetros de evaluación.

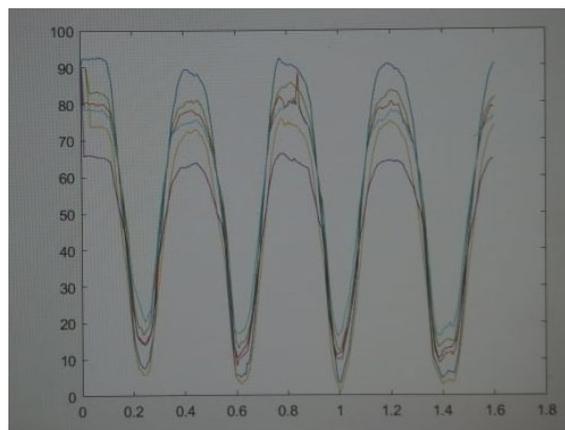


Figura 6. Curvas obtenidas de un paciente haciendo flexión de cadera

#### 4. CONCLUSIONES

Se utilizó este primer prototipo para evaluar la efectividad de los sensores inerciales en la evaluación de movilidad en pacientes con EA, se espera un segundo prototipo con mejoras en la electrónica y con la posibilidad de integrar a la evaluación más movimientos, incluyendo los realizados para el índice BASMI.

#### 5. REFERENCIAS

- [1] L. Laloux et al., «Immunohistological study of entheses in spondyloarthropathies: comparison in rheumatoid arthritis and osteoarthritis.», *Ann. Rheum. Dis.*, vol. 60, n.o 4, pp. 316-321, abr. 2001. Davis, A. R., Bush, C., Harvey, J. C. and Foley, M. F., "Fresnel lenses in rear projection displays," *SID Int. Symp. Digest Tech. Papers* 32(1), 934-937 (2001).
- [2] M. González, A. Guerra, E. Corona, A. Rocha, E. Díaz, y L. González, «Espondilitis anquilosante. Conceptos generales», *El Residente*, vol. 8, n.o 3, pp. 106-113, 2013.
- [3] J. C. Davis y D. D. Gladman, «Spinal mobility measures in spondyloarthritis: application of the OMERACT filter.», *J. Rheumatol.*, vol. 34, n.o 4, p. 666, abr. 2007.
- [4] R. Suárez Martín, A. Perera, J. Novo, B. M. Méndez, y A. García, «Clinimetría en las espondiloartritis y sus índices de medidas», *Rev. Cuba. Reumatol.*, vol. 15, pp. 6-17, 2013.
- [5] T. R. Jenkinson, P. A. Mallorie, H. C. Whitelock, L. G. Kennedy, S. L. Garrett, y A. Calin, «Defining spinal mobility in ankylosing spondylitis (AS). The Bath AS Metrology Index.», *J. Rheumatol.*, vol. 21, n.o 9, pp. 1694-1698, sep. 1994.
- [6] Fathi, Azin & Curran, Kevin. (2017). Detection of Spine Curvature using Wireless Sensors. *Journal of King Saud University - Science*. 29. 10.1016/j.jksus.2017.09.014.
- [7] P. Kent, R. Laird, y T. Haines, «The effect of changing movement and posture using motion-sensor biofeedback, versus guidelines-based care, on the clinical outcomes of people with sub-acute or chronic low back pain-a multicentre, cluster-randomised, placebo-controlled, pilot trial», *BMC Musculoskelet. Disord.*, vol. 16, n.o 1, p. 131, may 2015.
- [8] Lee, Jung Keun, Edward J. Park, and Stephen N. Robinovitch. 2012. "Estimation of Attitude and External Acceleration Using Inertial Sensor Measurement During Various Dynamic Conditions." *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* 61 (8): 2262–73.
- [9] Ligorio, Gabriele, and Angelo M. Sabatini. 2015. "A Novel Kalman Filter for Human Motion Tracking With an Inertial-Based Dynamic Inclinometer." *IEEE Transactions on Bio-Medical Engineering* 62 (8): 2033–43. doi:10.1109/TBME.2015.2411431.