

DISPOSITIVO BIOMÉDICO PARA LA PREVENCIÓN DE PROBLEMAS DE ESPALDA BAJA MEDIANTE ELECTROMIOGRAFÍA SUPERFICIAL

BIOMEDICAL DEVICE FOR THE PREVENTION OF LOW BACK PROBLEMS THROUGH SUPERFICIAL ELECTROMIOGRAPHY

María Fernanda Sandoval Aranda

Universidad de Celaya
17011536@udec.edu.mx

Alonso Alejandro Jiménez Garibay

Universidad de Celaya
alonso.jimenez@udec.edu.mx

Yosafat Samano Flores

Centro de Investigación Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada
yosafat.samano@gmail.com

Antonio Hernández Zavala

Centro de Investigación Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada
anhernandez@ipn.mx

Lucas Martínez Carreño

Centro de Investigación Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada
lucascarrenno@hotmail.com

Silvia Chaparro Cárdenas

Centro de Investigación Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada
silviachaparrocardenas@gmail.com

Resumen

De acuerdo con las tendencias globales, el área de la salud en combinación con la tecnología es una de las más prometedoras. El desarrollo de tecnología no invasiva e inalámbrica permite la adquisición de señales biomédicas utilizadas para prevenir y diagnosticar. En datos recientes, uno de los problemas médicos causantes de inhabilitación laboral a nivel mundial es el dolor de espalda baja, normalmente asociado con esfuerzos durante la realización de una actividad física o posturas estáticas durante largos periodos de tiempo. En mercado existen diferentes alternativas para ayudar en esta condición, sin embargo, el paciente no

tiene información acerca de si realmente está obteniendo un beneficio, tal es el caso de las fajas y cinturones de soporte de la zona lumbar. Esta investigación describe la metodología y desarrollo de un cinturón biomédico que permite al paciente saber si está consiguiendo una buena postura a través de un indicador de tipo semáforo cuyo color estará activado en función de un valor de referencia derivado del análisis de un biopotencial adquirido a través de electromiografía superficial, con ello el paciente podrá prevenir futuros problemas en relación con la espalda baja.

Palabra(s) Clave: Cinturón biomédico, Espalda baja, electromiografía superficial, sensor inalámbrico.

Abstract

According to global trends, the area of health combined with technology is one of the most promising. The development of non-invasive and wireless technology allows the acquisition of biomedical signals used to prevent and diagnose. In recent data, one of the medical problems causing work disability worldwide is low back pain, usually associated with efforts during physical activity or static postures for long periods of time. In the market there are different alternatives to help in this condition, however, the patient has no information about whether he is really getting a benefit, such is the case of the support belts for the lower back. This research describes the methodology and development of a biomedical belt that allows the patient to know if he is getting a good posture through a semaphore type indicator whose color will be activated based on a reference value derived from the analysis of a biopotential acquired through of superficial electromyography, with this the patient will be able to prevent future problems in relation to the lower back.

Keywords: *Biomedical belt, Low-back, Superficial electromyography, Wireless sensor.*

1. Introducción

De acuerdo con el Artículo "What low back pain is and why we need to pay attention" publicado con el *Journal The Lancet* (Jan Hartvigsen & Glenn Pransky,

2018), los problemas relacionados con dolor en la espalda baja son bastante comunes y representan la principal causa de incapacidad a nivel mundial. El problema ocurre en cualquier estatus social o económico y afecta cualquier grupo de edades desde niños hasta personas de la tercera edad.

La incapacidad causada por el dolor de la espalda baja ha incrementado un 54 % entre los años 1990 y 2015, principalmente debido al aumento de la población y el promedio de edad, reportándose el mayor incremento en países con ingresos medios-bajos. Gente con trabajos físicamente demandantes, enfermedades físicas o mentales, fumadores y problemas de obesidad tienen un alto riesgo de presentar dolor en esta zona baja (Marcano, 2015).

En México, en el 2017 el Instituto Mexicano de Seguro Social – IMSS reporta que el dolor de espalda baja se posiciona en la tercera posición de las 10 principales causas de consulta médica, rehabilitación y preinscripción médica. Resaltando el estatus productivo de género masculino con edades de 25 a 45 años, como los más afectados por dolor de espalda baja, ocasionado por problemas de postura por tiempos largos y/o postura en el momento de realizar actividades de agacharse o cargar objetos pesados.

En el estado de Guanajuato, en el 2017 el *periódico am* publicó una nota en la que establece que el dolor de espalda baja representa la segunda forma de dolor frecuentemente reportada por los médicos y una de las principales razones de incapacidad, resultando en ausentismo laboral.

Para atacar parte del problema global, este documento describe el diseño de un cinturón biomédico capaz de monitorear los esfuerzos en los músculos que integran el área lumbar, a través de electromiografía superficial inalámbrica, lo que permitirá predecir posibles lesiones mediante advertencias visuales durante diferentes posturas.

De acuerdo con la literatura reportada, existen investigaciones que abordan la problemática, sin embargo están orientadas hacia el análisis y diagnóstico de enfermedades específicas (Bauer et al., 2017; Becker et al., 2018; Sheahan, Diesbourg, & Fischer, 2016). Actualmente en el ámbito laboral, ya sea en un entorno industrial o en oficina, solo cuando aparece el dolor acuden a algún centro

de salud para ser diagnosticados, en algunos casos acuden para terapia física o en algunos otros con masajistas amateurs, así el desarrollo tecnológico de esta investigación deriva en la prevención a través de la sinergia innovadora de tecnología existente como lo es la electromiografía mediante electrodos superficiales y la tecnología inalámbrica.

2. Métodos

Desde la perspectiva de terapia o rehabilitación, las recomendaciones para prevenir el dolor de la espalda baja son (Mariano Noriega-Elío, 2005):

- Es fundamental escuchar tu cuerpo y no sobre ejercitar o trabajar si se siente dolor.
- Hacer tu lugar de trabajo ergonómico.
- Utilizar un soporte lumbar, faja o cinturón.
- Si se está sentado por mucho tiempo, levantarse y caminar para relajar los músculos.
- Mantener buena postura mecánica-esquelética cuando se levantan objetos.
- Realizar ejercicios de estiramiento y postura.

Sin embargo, es complicado para los pacientes conocer la condición de sobre ejercicio o malas posturas mecánicas esqueléticas, debido a que no existe algún dispositivo al alcance de ellos capaz de monitorear y advertir la actividad realizada.

La metodología propuesta para el diseño del dispositivo consta de 5 fases (figura 1):

- Asesoría medica por terapeutas profesionales.
- Diseño electrónico para adquirir y acondicionar biopotenciales a través de electromiografía superficial.
- Elección de sensores o electrodos inalámbricos.
- Estudios ergonómicos.
- Finalmente, un proceso riguroso de validación.

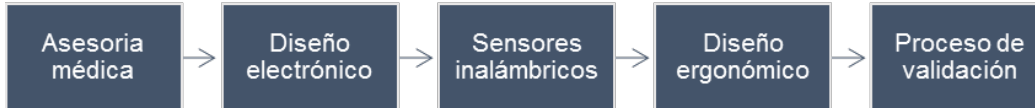


Figura 1 Fases de la metodología propuesta.

Desarrollo

El desarrollo tecnológico comienza con el uso de un conjunto de electrodos secos colocados estratégicamente para que la almohadilla del cinturón se asiente en la parte inferior de la espalda del usuario. Una cuestión reportada de electrodo seco es la baja resolución y la impedancia (A. N. Norali, 2009; Naik, 2014), para resolver el inconveniente, el diseño propuso un preamplificador y un amplificador basado en el amplificador de instrumentación de la familia INA de Texas Instruments, trabajando sincronizado con una instrumentación virtual complementaria para obtener el nivel de señal de acondicionamiento requerida. El siguiente paso propuesto se basa en instrumentación virtual para generar la etapa de filtrado adecuada, la literatura informa que las señales bioeléctricas humanas tienden a tener un ruido inferior a 50 Hz (Enoka, 2017), teniendo en cuenta la información, el diseño utiliza una tarjeta de adquisición de datos de National Instruments (NI MyDAQ) y el desarrollo de código en el entorno NI LabVIEW, tal como se muestra en la figura 2.



Figura 2 Diagrama de bloques del proceso de diseño electrónico.

La señal biomédica que se adquiere mediante la almohadilla de electrodos secos es acondicionada y filtrada, en este instante el proceso se valida con el equipo BIOPAC Student de la figura 3, para conocer el porcentaje de aproximación del diseño propuesto.

Finalmente, la señal resultante se transmite a través de Bluetooth a través de un módulo HC05 y se recibirá y se mostrará en una interfaz de configuración diseñada en NI LabVIEW o en una aplicación móvil.

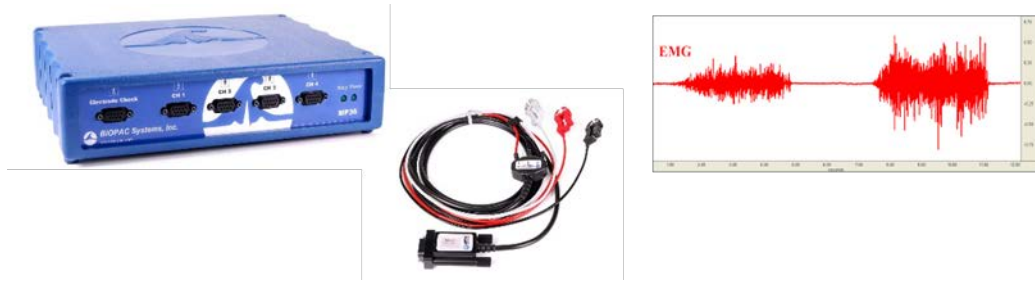


Figura 3 MP36 BIOPAC Student, BIOPAC System, Inc.

La figura 4 muestra una vista general del proyecto propuesto, se pueden observar algunas actividades diferentes del paciente que debe usar un cinturón biomédico para la zona lumbar, el sensor inalámbrico ubicado en el cinturón transmitirá la señal y un software específico y el hardware mostrará una advertencia al paciente en una PC o dispositivo móvil.



Figura 4 Esquema general del cinturón biomédico propuesto.

3. Resultados

Los primeros resultados del dispositivo propuesto se basan en pruebas electromiográficas en la espalda baja con cuatro movimientos característicos de una postura musculo esquelética al estar sentado. Para ello se le solicitó al paciente colocarse la almohadilla de sensores en la zona lumbar, de inicio mantuvo una postura relajada, después se inclinó aproximadamente 30° hacia adelante, después hacia atrás, el siguiente movimiento fue hacia la izquierda y por último hacia la derecha, tomando intervalos de relajación de 2 segundos aproximadamente tal como se muestra en la gráfica EMG de la figura 5.

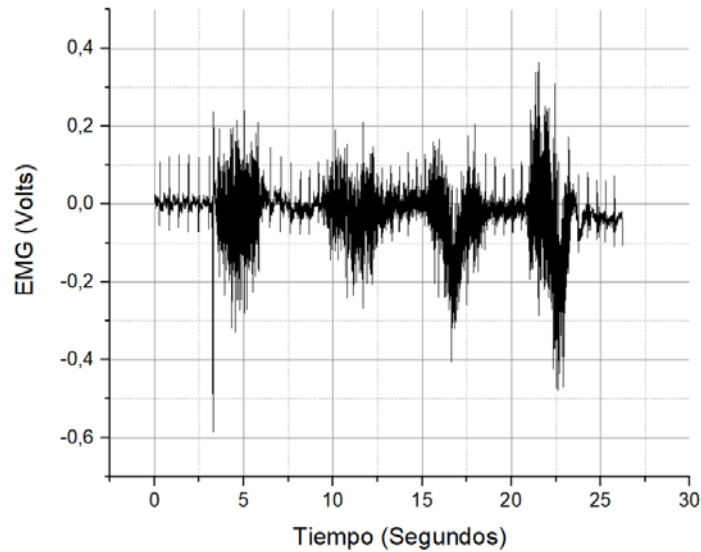


Figura 5 Señal de EMG obtenida de la zona lumbar.

Para lograr un diagnóstico, se requiere filtrar la señal EMG, típicamente se aplica una serie de etapas que consisten en filtros pasa bajas, pasa altas y notch. La señal resultante se muestra en la figura 6.

Analizando el biopotencial filtrado es posible determinar la amplitud de esfuerzo del musculo lumbar, sin embargo, para este proyecto interesa la duración del evento, así es posible determinar bajo supervisión médica, el tiempo en el cual se considera un sobreesfuerzo que a la larga represente dolor y una posible lesión.

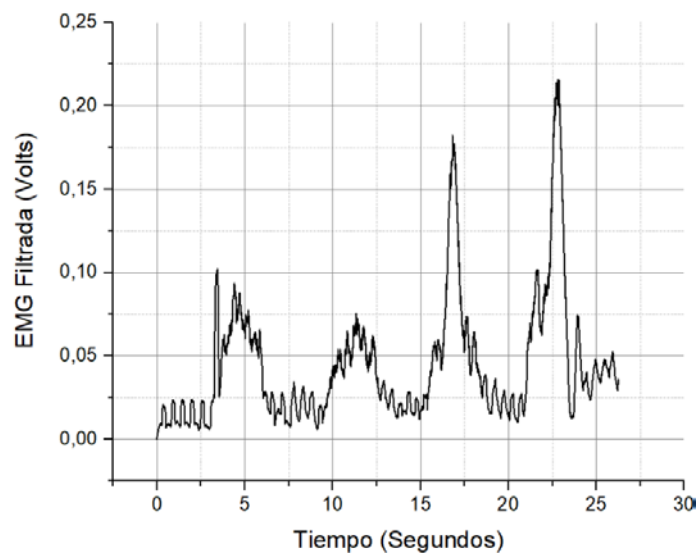


Figura 6 Señal de EMG filtrada obtenida de la zona lumbar.

Una vez determinado el nivel permitido para considerar una postura correcta, se diseñó una interfaz en NI LabVIEW para obtener los biopotenciales, elegir el nivel de esfuerzo permitido y el tiempo del evento y desplegar el color del indicador para prevenir al usuario la condición de su postura, tal como se muestra en la figura 7.

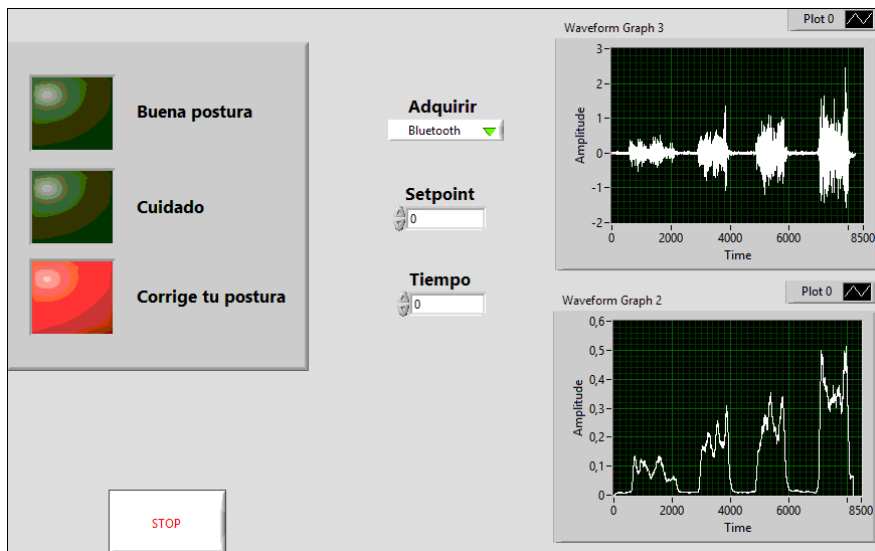


Figura 7 Interfaz propuesta.

4. Discusión

El dolor en la espalda baja es un problema médico global y representa uno de los primeros en discapacidad laboral que se refleja en abandono de puestos de trabajo, impactando en el ámbito social y económico. El proyecto descrito en este artículo aún se encuentra en desarrollo como parte de las líneas de investigación de Ingeniería Biomédica de la Universidad de Celaya, apoyada por colaboradores del Centro de Investigación Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, y tal como se abordó lo que busca es la prevención a partir del uso de la tecnología biomédica. Los resultados hasta el momento indican alta factibilidad técnica debido a la existencia de técnicas y tecnologías aplicadas de una manera innovadora, como electromiografía, electrodos secos, ergonomía y desarrollo de aplicaciones inalámbricas no invasivas en un entorno médico. El proyecto ya ha sido premiado como ganador en el segundo encuentro de innovación y creatividad para la internacionalización en casa 2018.

5. Bibliografía y referencias

- [1] N. Norali, M. H. M. S. (2009). Surface Electromyography Signal Processing and Application: A Review. Paper presented at the Proceedings of the International Conference on Man-Machine Systems (ICoMMS), Batu Ferringhi, Penang, MALAYSIA.
- [2] Bauer, C. M., Rast, F. M., Ernst, M. J., Meichtry, A., Kool, J., Rissanen, S. M., Kankaanpa, M. (2017). The effect of muscle fatigue and low back pain on lumbar movement variability and complexity. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 33, 94-102. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2017.02.003>
- [3] Becker, S., Bergamo, F., Schnake, K. J., Schreyer, S., Rembitzki, I. V., & Disselhorst-Klug, C. (2018). The relationship between functionality and erector spinae activity in patients with specific low back pain during dynamic and static movements. *Gait & Posture*, 66, 208-213. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.08.042>
- [4] Enoka, R. M. (2017). *Electromyography (EMG)☆ Reference Module in Neuroscience and Biobehavioral Psychology*: Elsevier.
- [5] Jan Hartvigsen, M. J. H., Alice Kongsted, Quinette Louw, Manuela L Ferreira, Stéphane Genevay, Damian Hoy, Jaro Karppinen, & Glenn Pransky, J. S., Rob J Smeets, Martin Underwood. (2018). What low back pain is and why we need to pay attention. *The Lancet*, 391(10137), 2356-2367. doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)30480-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)30480-X)
- [6] Marcano, L. H. (2015). Prevención del dolor de espalda en el ámbito laboral. *Rev. enferm. CyL*, 5(2), 43-58.
- [7] Mariano Noriega-Elío, A. B. S., Octavio Sierra Martínez, Ignacio Méndez Ramírez, Margarita Pulido Navarro, Cecilia Cruz Flores. (2005). The debate on lower back pain and its relationship to work: a retrospective study of workers on sick leave. *Cad. Saúde Pública*, 21(3), 887-897.
- [8] Naik, G. R. (2014). *Applications, Challenges, and Advancements in Electromyography Signal Processing: Medical Information Science Reference*.

- [9] Naik, G. R. (2014). Applications, Challenges, and Advancements in Electromyography Signal Processing: Medical Information Science Reference.
- [10] Sheahan, P. J., Diesbourg, T. L., & Fischer, S. L. (2016). The effect of rest break schedule on acute low back pain development in pain and non-pain developers during seated work. *Applied Ergonomics*, 53, 64-70. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2015.08.013>.