



Prototipo de un sistema embebido para adquisición de señales EMG

Manuel Antonio Arenas Méndez^{1}, Marco Antonio Díaz Martínez¹, Reina Verónica Román Salinas¹*

¹TecNM-Instituto Tecnológico Superior de Pánuco

*manuel.arenas@itspanuco.edu.mx

RESUMEN

La electromiografía clínica (EMG) es una metodología de registro y análisis de la actividad bioeléctrica del músculo esquelético orientada al diagnóstico de las enfermedades neuromusculares. Las posibilidades de aplicación y el rendimiento diagnóstico de la electromiografía han evolucionado paralelamente al conocimiento de las propiedades de la energía eléctrica y al desarrollo de la tecnología eléctrica y electrónica. A mediados del siglo XX se introdujo el primer equipo comercial de electromiografía para uso médico basado en circuitos electrónicos analógicos. El desarrollo posterior de la tecnología digital ha permitido disponer de sistemas controlados por microprocesadores cada vez más fiables y potentes para captar, representar, almacenar, analizar y clasificar las señales mioeléctricas. El objetivo del presente trabajo consiste en el desarrollo de un prototipo portátil para la adquisición de señales EMG.

Palabras claves: electromiografía, medición, potencial de acción de la unidad motora.

ABSTRACT

Clinical electromyography is a methodology for recording and analysing the bioelectrical activity of the skeletal muscle tissue in order to diagnose neuromuscular pathology. The possibilities of application and the diagnostic performance of electromyography have

evolved parallel to a growing understanding of the properties of electricity and the development of electrical and electronic technology. The first commercially available electromyography equipment for medical use was introduced in the middle of the 20th century. It was based on analog electronic circuits. The subsequent development of digital technology made available more powerful and accurate systems, controlled by microprocessors, for recording, displaying, storing, analysing, and classifying the myoelectric signals. The objective of the present work consists in the development of a portable prototype for the acquisition of EMG signals.

Keywords: electromyography, measurement, motor unit action potential

INTRODUCCIÓN

La electromiografía (EMG) se define como la disciplina relacionada con la detección, análisis y uso de la señal eléctrica que se genera cuando un músculo se contrae (Basmajian, 1985). La señal electromiográfica permite construir el electromiograma, que corresponde a la suma temporal y espacial de los potenciales de acción de las unidades motoras (PAUMs) durante la contracción, permitiendo cuantificar de manera precisa y objetiva el comportamiento bioeléctrico muscular (De Luca, 2011).

Existen dos técnicas de EMG: la EMG invasiva y la EMG de superficie (Farinda, 2012). La EMG invasiva logra obtener el registro del potencial de acción generado por una unidad motora en particular. Para esto, se inserta un electrodo a nivel intramuscular por medio de agujas, método conocido como finewire (Konrad, 2005). Las ventajas de la técnica intramuscular son que permite evaluar músculos profundos y pequeños que superficialmente son imposibles de medir debido a la interferencia de señales emitidas por músculos adyacentes (Aparicio, 2005).

Por su parte, la EMG de superficie permite estudiar la actividad bioeléctrica mediante el registro de las diferencias de potencial registradas en la superficie de la piel (Konrad, 2005) con el uso de electrodos alámbricos o inalámbricos que son ubicados directamente sobre músculo que se quiere evaluar. Si bien esta técnica no es capaz de captar la señal de una sola unidad motora, se utiliza para el estudio del comportamiento promedio de un músculo o grupo muscular.

METODOLOGÍA

El prototipo implementado se compone de una tarjeta de desarrollo Arduino Uno, un sensor de señal muscular EMG, una pantalla de 3.5" TFT de 480x320 píxeles, una ranura de memoria microSD para respaldo de datos y un dispositivo de comunicaciones Bluetooth HC-05 para el control del dispositivo mediante una aplicación móvil. La alimentación eléctrica se realiza mediante dos fuentes externas USB de 5V y con excepción del interruptor de encendido la unidad no cuenta con controles para su operación manual. Los componentes se montaron en una estructura con un tamaño de 14.5 x 8.0 x 4.5 cm, figura 1.



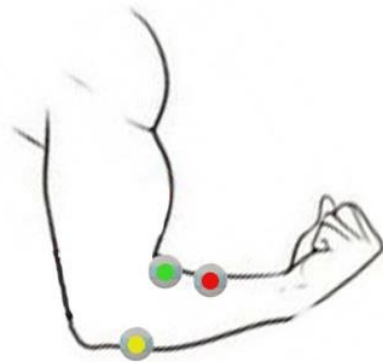
Figura 1.- Prototipo de instrumento, fuente propia.

El sensor de señal muscular EMG cuenta con un amplificador de instrumentación AD8232 al cual se le conectan tres electrodos de electromiografía para la recepción de una señal física de los músculos. El circuito integrado AD8232 está diseñado para extraer señales de biopotencial para ECG y otras mediciones de señales biomédicas en presencia de condiciones ruidosas (Mundial, 2022 y *AD8232-EVALZ User Guide*, 2014) . La unidad cuenta con ajuste de ganancia analógica de la señales.



Figura 2.- Sensor de señal muscular EMG (Shojaei, 2021).

En Shojaei (2021) se recomienda conectar los electrodos como se muestra en el esquema de la figura 3.



El electrodo verde se coloca en el medio del músculo deseado.

El electrodo rojo se coloca al final del músculo deseado.

El electrodo amarillo se coloca en una parte ósea o no muscular del cuerpo cerca del músculo deseado.

Figura 3.- Colocación de electrodos para medición EMG (Shojaei, 2021).

RESULTADOS

Como resultados podemos mencionar que se obtuvo un dispositivo embebido que cuenta con la capacidad de muestrear y respaldar en archivo de texto en una memoria microSD valores discretos de señales EMG, así como su monitoreo en una pantalla grafica.

El control del prototipo se realiza mediante una aplicación para dispositivo móvil implementada en el software MIT App Inventor. La aplicación cuenta con controles de conexión al prototipo, inicio y paro del muestreo de señales EMG, captura de nombre del paciente, temporizador del tiempo de muestreo y ajuste de desviación de la señal (offset), figura 4.



Figura 4.- Captura de pantalla de la aplicación de control, fuente propia.

El algoritmo programado en la tarjeta de desarrollo Arduino Uno genera una interfaz de usuario en el que se despliega el nombre del paciente e indicadores de saturación de la medición, inicio y paro de muestreo de datos, ajuste de deriva de la señal EMG (offset), estado de la memoria SD y temporizador de muestreo de datos, figura 5.



1. Nombre paciente.
2. Indicador de saturación.
3. Indicador de inicio-paro.
4. Ajuste de deriva de señal.
5. Indicador de falla de escritura memoria SD.
6. Temporizador.
7. Grafica de la señal EMG.

Figura 5.- Interfaz de usuario del prototipo, fuente propia.

Al iniciar la adquisición de datos el dispositivo realiza la conversión analógica a digital de la señal a una tasa de 10 ms y los respalda en un archivo de texto en la memoria SD, el nombre del archivo de texto se compone de los primeros seis caracteres del nombre del paciente, por defecto el nombre del paciente es ANONIMO, seguido de dos dígitos numéricos, conforme se realizan nuevos muestreos con el mismo paciente el sistema genera hasta 100 archivos secuenciales, por ejemplo, ANONIM00.txt, ANONIM01.txt, ANONIM02.txt ... ANONIM99.txt. El indicador SDC verifica las operaciones de escritura del archivo en la memoria SD, en caso de falla cambiará de un color azul a un color rojo. El proceso de adquisición de datos puede establecerse para un periodo determinado, en minutos y segundos, a través del temporizador.

La verificación del funcionamiento del prototipo se realizó mediante una prueba que consistió en el muestreo de datos EMG de contracciones del músculo Flexor profundo de los dedos del brazo izquierdo, figura 6, de una persona de 20 años, provocadas por la acción de apretar y relajar el puño a una frecuencia de 0.5 Hz, durante dos minutos, en la figura 7 se aprecia la gráfica en la pantalla LCD de los valores obtenidos mediante entrada analógica a una tasa de muestreo de 10 ms.

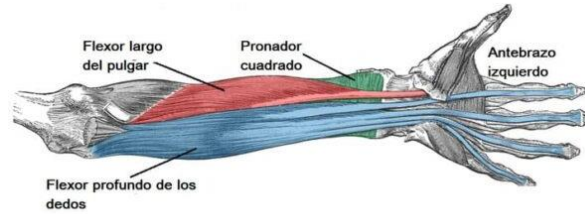


Figura 6.- Músculo flexor profundo de los dedos del brazo izquierdo, obtenida de <https://anatomiatopografica.com>.



Figura 7.- Gráfica de muestro de datos EMG en entrada analógica cada 10 ms en pantalla LCD del prototipo, fuente propia.

Posteriormente se le solicitó a la persona realizar un ejercicio de brazo con una mancuerna de 1.8 kg durante diez minutos repitiéndose el procedimiento de muestreo de datos EMG descrito anteriormente.

En la figura 8 se muestran las gráficas de los datos obtenidos, azul antes del ejercicio y rojo posterior.

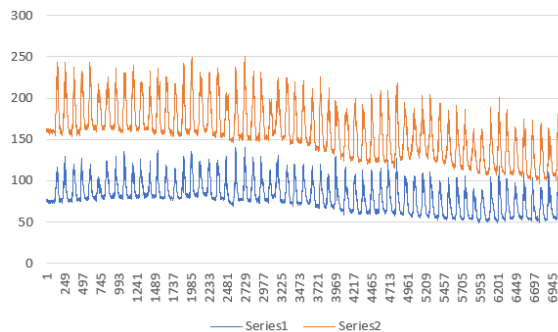


Figura 8.- Gráfica de muestro de datos EMG, previo (azul) y posterior (rojo) al ejercicio muscular, fuente propia.

Tomando los primeros datos muestreados es posible apreciar que posterior al ejercicio con mancuerna, en rojo, se presenta un desfase en la reacción del músculo, figura 9.

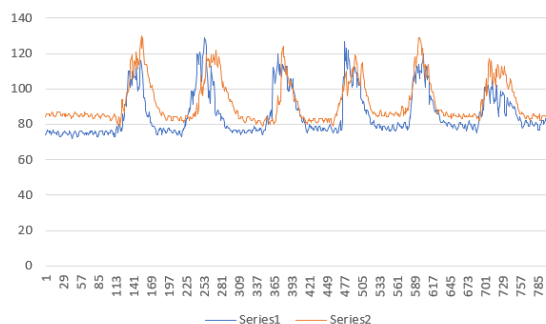


Figura 9.- Gráfica de muestra de datos EMG previo y posterior al ejercicio con mancuerna, fuente propia.

DISCUSIÓN

Los resultados de los muestreos de datos con el dispositivo son consistentes de forma general con los de trabajos similares (Biomov, 2019 y EMG-826: Basic code to use EMG-826 board, 2020).

A diferencia del estudio realizado por Mundial (2022) el dispositivo planteado no pretende realizar un análisis en tiempo real de los resultados, su principal función es la recabar información para su estudio posterior.

El sensor de señal muscular EMG empleado requiere de fuentes de alimentación positiva y negativa lo cual resulta complicado para su implementación en un dispositivo portátil basado en baterías. En EMG-826: Basic code to use EMG-826 board. (2020) se emplea un sensor con fuente de alimentación positiva.

CONCLUSIONES

La EMG es una herramienta fundamental en el entendimiento del movimiento humano, y permite estimar la magnitud de una contracción muscular (activación), el tiempo en el que se activa el músculo (latencia) y los niveles de fatiga que se pueden presentar durante una contracción mantenida. A partir de las diversas investigaciones con EMG se han podido establecer los patrones neuromusculares de movimiento tanto en condiciones de normalidad como en patologías. Esto ha ayudado a orientar la planificación de los

programas de entrenamiento muscular para una lesión y/o patología específica durante el proceso de rehabilitación.

Con el prototipo diseñado es posible establecer la metodología para la realización de pruebas enfocadas a la detección de fatiga en músculos con pruebas en laboratorio.

LITERATURA CITADA

AD8232-EVALZ User Guide. (2014). Analog.com. Recuperado el 27 de septiembre de 2022, de https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/user-guides/AD8232-EVALZ_UG-514.pdf

Aparicio MV. (2005). Electromiografía cinesiología. *Rehabilitación*. 39(6):255-64. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7120\(05\)74359-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7120(05)74359-0)

Basmajian JV, De Luca CJ (1985). *Muscles alive: their functions revealed by electromyography*: Williams & Wilkins.

De Luca CJ (2011). *Surface electromyography: Detection and recording*. DelSys Incorporated.10:2011.

BIOMOV. (2019, December 10). EMG ARDUINO DEPORTE. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=JGGroNNU_Ug

EMG-826: Basic code to use EMG-826 board. (2020). <https://github.com/osnava/EMG-826>

Konrad P. *The abc of EMG* (2005). A practical introduction to kinesiological electromyography. USA 1:30-5.

Mundial, I. Q., Khan, M. S. A., Asif, M., Saheen, F., Ali, Y., Ali, I., Phul, A. H., Sultan, S., & Rehman, F. (2022). The Real-time monitoring of muscle fatigue using Surface Electromyography (sEMG). *International Journal of Information Technology and Language Studies*, 6(2). <https://journals.sfu.ca/ijitls/index.php/ijitls/article/view/271>

Shojaei, A. M. (2021). *Interfacing EMG Muscular Signal Sensor with Arduino*. Electropeak. <https://electropeak.com/learn/interfacing-emg-muscular-signal-sensor-with-arduino/>