



Desarrollo Y Construcción De Sistema Para La Obtención De La Señal Electromiográfica De La Articulación Temporomandibular.

L. F. Ornelas¹, Z. Guerrero¹, O. Gutierrez-Navarro^{1*}, E. Rubio¹,
I. Bazán¹, C.A. Chávez-Olivares², Gabriela Vilar Pineda³

¹Departamento de Ingeniería Biomédica, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, México

²Departamento de Ingeniería Robótica, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, México

³Departamento de Cirugía Oral y Maxilofacial, Escuela Nacional de Estudios Superiores - Unidad León, Gto., México

*Autor de correspondencia: omar.gutierrezn@edu.uaa.mx

Resumen— La detección oportuna de la disfunción cráneo mandibular ayuda a prevenir y dar tratamiento a una parte importante de la población. Los sistemas empleados para su detección se basan en adquirir señales de la actividad muscular, sonido y movimiento de ciertos músculos de la cara; demandan equipo y personal extranjero por lo que puede ser un gasto económico muy fuerte. En este trabajo se propone el diseño y construcción de un sistema basado en la adquisición de señales electromiográficas de los músculos masetero y temporal de manera mínimamente invasiva. El objetivo es eventualmente proveer un diagnóstico a los pacientes sobre la condición de su articulación cráneo mandibular.

Se realizaron pruebas iniciales y de las señales obtenidas se logró observar que existe una variación de ciertas características contrastando sus valores normalizados para el grupo con DCM y el grupo sano. Particularmente, el valor RMS de los pacientes con DCM parece indicar que estas personas necesitan hacer un mayor esfuerzo. Se espera para el futuro definir características que identifiquen la presencia o no de dicha patología.

Palabras clave—disfunción cráneo mandibular, adquisición, electromiografía, diagnóstico, patología.

I. INTRODUCCIÓN

La disfunción cráneo mandibular (DCM) se refiere a los desórdenes que afectan el funcionamiento y/o provocan dolor en los músculos de la masticación y cuello [1]. Afecta al aparato masticador, que engloba los dientes y sus estructuras de soporte, huesos maxilares, mandibulares, huesos de cabeza y cara, músculos de cabeza y cuello, sistema vascular, nervioso y linfático de tejidos; éstos constituyen una unidad funcional y se correlacionan entre sí y con el resto del organismo [2].

La DCM se considera un desorden musculoesquelético y se identifica como una causa importante de dolor en la región facial de origen no dentario. Los casos de DCM oscilan entre el 20 y 70% de la población general [1,3], por lo que es importante que el médico diagnostique a etapa temprana, para fomentar el autocuidado, si se requiere tratamiento simple o de ser necesario tratamiento quirúrgico [4,5].

Existe una estrecha interrelación entre los diferentes componentes del sistema cráneo-cervical-mandibular [6]. Esta interrelación se justifica por las conexiones anatómicas y biomecánicas existentes entre ellas. Por lo que, el complejo cráneo-cervical funciona como una unidad en la que los cambios en cualquier parte tienen un efecto global sobre el sistema. En la literatura se ha mostrado cómo los cambios en la posición mandibular, cambios en los patrones de contacto oclusal y la dimensión vertical de la oclusión afectan tanto a los músculos masticatorios como cervicales [6-9].

La electromiografía es el registro de la actividad eléctrica de los músculos del esqueleto. Proporciona información muy útil sobre su estado fisiológico y el de los nervios que los activan. Además, permite localizar por ejemplo en el caso de parálisis musculares, el lugar de la lesión que puede estar en el encéfalo, la médula espinal, el axón, la unión neuromuscular o las propias fibras musculares [7,8].

La posición mandibular adecuada es crítica para la masticación, el habla, la respiración, y para el mantenimiento de relaciones posturales correctas de la cabeza y el cuello [8]. La comprensión de esta interrelación es esencial en el campo dental, para los tratamientos de prótesis, ortodoncia y trastorno temporomandibular. Por ello se propuso analizar los efectos del cambio de la posición mandibular en la actividad EMG de los músculos masticatorios por lo pronto, con la finalidad de ir abarcando los cervicales en un futuro [10]. Actualmente existe equipo comercial para la medición de EMG; sin embargo, la efectividad para el diagnóstico de la disfunción craneomandibular genera controversia [8].

II. METODOLOGÍA

Se obtuvo la señal electromiográfica del paciente mediante tres electrodos, dos activos y uno de referencia a tierra. La Fig. 1 muestra que los electrodos activos (positivo y negativo) se colocaron en el centro de una misma fibra muscular de los maceteros del paciente, separados uno del otro a una distancia de 1.5 cm aproximadamente; y el electrodo de referencia en una zona alejada en el tórax donde no se registrará actividad muscular. Para otra prueba se posicionaron los electrodos activos, en la fibra muscular de los temporales del paciente.

Se eligieron los músculos temporal y masetero, ya que parecen ser más sensible que otros músculos masticatorios a

las irregularidades oclusales y además son accesibles por medios mínimamente invasivos [8, 10]. En este trabajo se utilizaron electrodos para monitoreo Meditrace (COVIDIEN) de 3.8 cm de diámetro y con hidrogel adhesivo-conductivo integrado. Se tomaron mediciones en 4 pacientes, 2 mujeres y 2 hombres con un rango de edad entre 22 y 45 años. Los voluntarios firmaron un consentimiento en el que se define que los datos son para mero uso experimental conservando el anonimato del paciente.

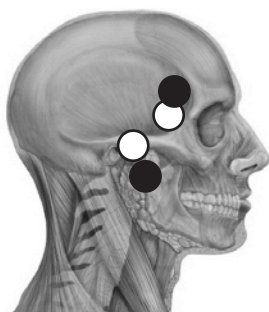


Fig. 1. Posicionamiento de electrodos, en la parte superior en músculo temporal y en parte inferior masetero.

Se busca medir la actividad electromiográfica durante la realización de movimientos masticatorios: morder y relajar la mandíbula. Se grabó la actividad en dos músculos diferentes de la ATM anteriormente mencionados, cuidando que estuviera sentado en una silla con la espalda en posición vertical, la cabeza sin apoyo y mirando hacia adelante. La actividad de EMG se registró utilizando un canal arbitrario para cada músculo (masetero y temporal) con un rango EMG de $0 \mu\text{Vpp} - 2000 \mu\text{Vpp}$, una impedancia de entrada mayor $100 \text{ M}\Omega$, un CMRR mayor a 30 dB a 60 Hz ($>120 \text{ dB}$, 100

Hz a 600 Hz); y un ancho de banda (RMS) de 30 Hz a 1000 Hz (a $2,000 \text{ Hz}$ en rango simple).

En Fig. 2 se puede observar la primera etapa donde se realizó una pre-amplificación de la señal, se ajustó una ganancia de 106 debido al rango de la amplitud de las señales electromiográficas. Se añadió un corrector basal con un tiempo de estabilización de 2 segundos, este parámetro mide el tiempo en que la respuesta queda acotada a una cierta banda de amplitud para posteriormente agregar la parte de filtrado de la señal. La etapa de filtrado consistió en un filtro pasa bajas de 500 Hz tipo Butterworth de tercer orden, y un pasa altas de 80 Hz de segundo orden y topología Sallen Key, formando así un filtro pasa-banda de $80 \text{ Hz} - 500 \text{ Hz}$, que corresponde al rango de frecuencias de la señal electromiográfica de los músculos cráneo mandibulares. Posteriormente se diseñó un amplificador no inversor, configurado con una ganancia fija de 100. Se obtuvo una ganancia final de $10,600$, considerando la amplificación por 106 que se configuró en la etapa del amplificador de instrumentación. El instrumento de medición fue interconectado con un osciloscopio TEKTRONIX modelo TBS1022. Posteriormente los datos fueron analizados en Matlab®.

Tras la adquisición de las señales de EMG, con el fin de identificar la actividad de masticación y reposo; buscamos analizar la actividad muscular de varias partes de la cara. Para este estudio se tomaron 6 características a partir de las señales EMG [11]: Valor absoluto integrado, cambio de signo de la pendiente, longitud de la forma de onda, cruces por cero, valor RMS, valor absoluto medio [12]. Sea $\mathbf{x}_i = [\mathbf{x}_{i,1}, \dots, \mathbf{x}_{i,6}]$ el vector con los valores de la i -ésima característica para 6 eventos diferentes; considerando que un evento es el

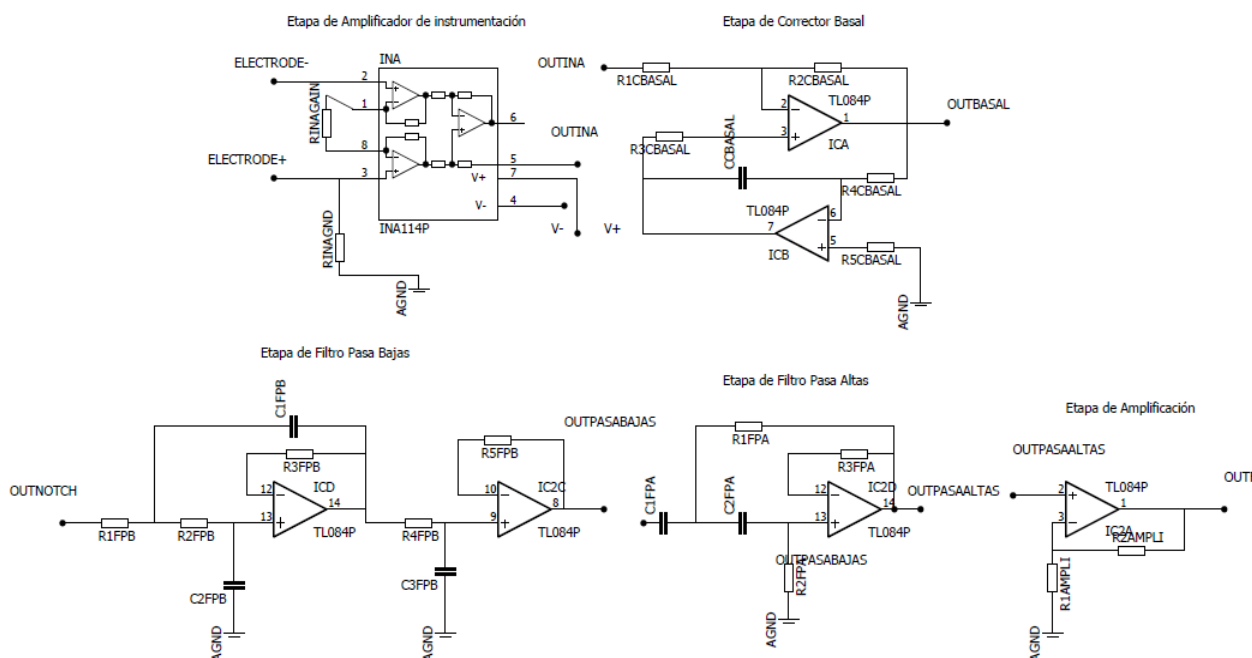


Fig. 2. Diagrama eléctrico para sistema EMG.

movimiento masticatorio. Se normalizaron los vectores, del grupo de DCM como del grupo de control de acuerdo a (1):

$$\hat{x}_i = \frac{x_i}{\|x_i\|_2} \quad (1)$$

para poder comparar las diferencias proporcionales entre cada característica.

III. RESULTADOS

Tras diseñar y construir el circuito EMG para músculos de la cara, se obtuvieron las señales de los músculos masetero derecho e izquierdo (MD, MI) y temporal izquierdo y derecho (TD, TI) del paciente sano y de otro paciente con posible disfunción cráneo mandibular. Dichas señales se adquirieron durante la mordida completa y con un lapso de descanso de 1 segundo. El valor diferencial medido en amplitud resultó más pequeño entre el estado de apriete y relajación, lo cual sugiere alteraciones en posición mandibular que afectan al sistema cráneo cervical. Se logró distinguir la diferencia entre el estado de mandíbula en relajación y el estado en máxima contracción

(oclusión en máxima intercuspidadación). Entre cada segmento de actividad muscular; es decir, entre cada conjunto de espigas, es donde se encuentra la mandíbula en reposo.

IV. DISCUSIÓN

En este estudio se realizó una obtención de las señales electromiográficas de la cara para detectar posible trastorno de la articulación temporomandibular debido a bajas amplitudes en las señales adquiridas del músculo masetero y temporal. El sistema embebido se propone para aplicarlo a varios pacientes, registrar sus señales y sacar el promedio de amplitud y frecuencia de pacientes sanos y no sanos.

Las diferencias entre las características marcan una clara separación entre los datos correspondientes a pacientes con DCM y aquellos sanos. Esto se evidencia en la Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5 y Fig. 6 donde el valor RMS parece ser la característica más sobresaliente, al menos con una media entre grupos con mayor diferencia.

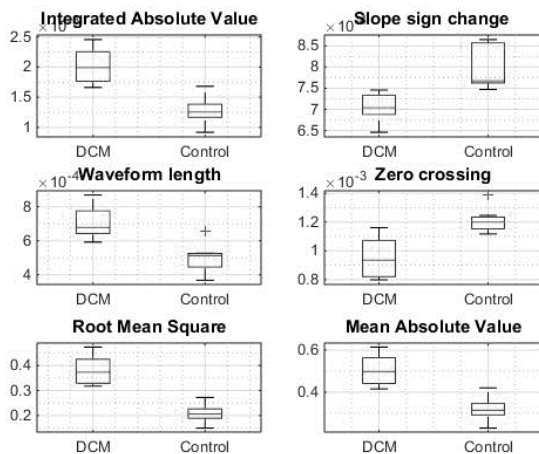


Fig. 3. Gráficas de caja de las diferencias entre las características del temporal izquierdo para el grupo de DCM y el grupo de control.

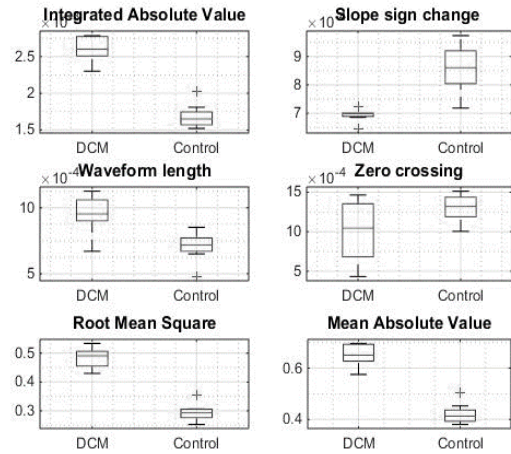


Fig. 4. Gráfica de caja de las diferencias entre las características del temporal derecho para el grupo de DCM y el grupo de control.

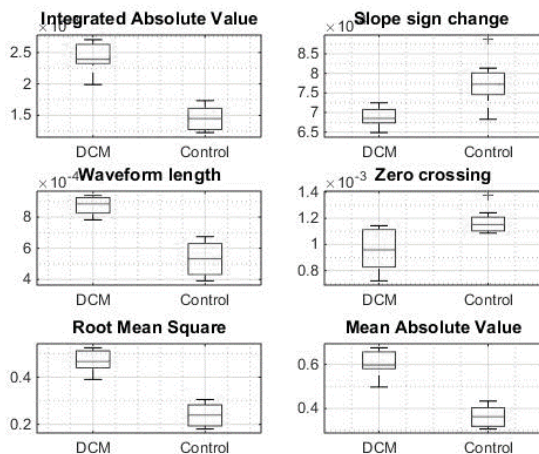


Fig. 5. Gráficas de caja de las diferencias entre las características del masetero izquierdo para el grupo de DCM y el grupo de control.

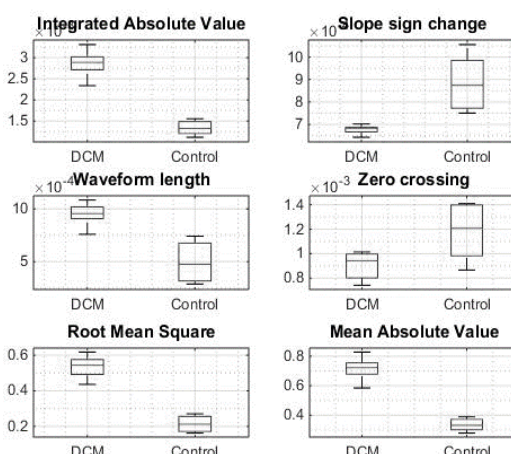


Fig. 6. Gráfica de caja de las diferencias entre las características del masetero derecho para el grupo de DCM y el grupo de control.

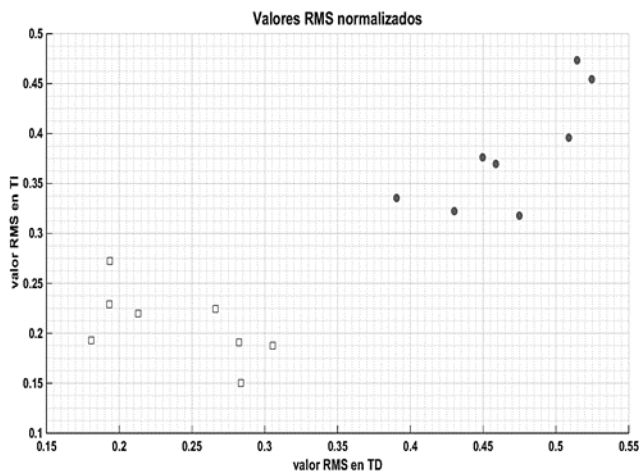


Fig. 7. Gráfica 3D de los valores RMS de las derivadas TD, TI y MD. Las muestras de rellenas representan los pacientes con DCM, mientras las muestras sin relleno son los pacientes de control.

Si utilizamos los valores \hat{x}_{RMS} de las derivadas TD, TI y MD, podemos apreciar esta diferencia, ver (Fig. 7). Esto podría ser utilizado por un algoritmo de clasificación para ayudar al diagnóstico de la DCM. Sin embargo, es necesario un estudio más a fondo, con mayor cantidad de muestra para asegurar la validez estadística de los resultados. Además, queda abierta la posibilidad de explorar diferentes características y algoritmos de clasificación.

Por ahora el proyecto se encuentra en una etapa inicial de diseño y realización de pruebas en Clínica Odontológica de la ENES UNAM, Unidad León.

V. CONCLUSIÓN

Se logró desarrollar un sistema de adquisición para el registro de señales electromiográficas del músculo masetero y temporal, con la finalidad de comparar dichas señales con la teoría y poder determinar si se presenta el trastorno de la articulación temporomandibular.

Las señales mioeléctricas de la cara suelen tener amplitudes superiores al ruido de 50Hz, por lo que el filtro pasa bandas que se construyó abarca de 80 Hz a 500 Hz. También es de suma importancia hacer correctamente los cálculos de las ganancias de los amplificadores para evitar que lleguen a saturación, esto se logró considerando los rangos de frecuencias para la contracción muscular.

De las señales obtenidas se extrajeron 6 características. Se estudio la variación de estas características contrastando sus valores normalizados para el grupo con DCM y el grupo sano. Los resultados obtenidos permiten hacer una separación entre los grupos. El valor RMS de los pacientes con DCM parece indicar que estas personas necesitan hacer un mayor esfuerzo. Estos resultados no son concluyentes y es necesario un estudio con mayor cantidad de sujetos de prueba. Si se

toman en cuenta factores como la edad, sexo e incluso antecedentes médicos, será posible hacer un diagnóstico más certero con base en las características extraídas de eventos masticatorio. Nuestro trabajo futuro consiste precisamente en extender este estudio y buscar incluso un diagnóstico temprano de la DCM.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido apoyado con financiamiento del Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza PAPIME otorgado por la ENES UNAM -Unidad León, con la clave del proyecto PE202817.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Schiffman, Eric, et al. "Diagnostic criteria for temporomandibular disorders (DC/TMD) for clinical and research applications: recommendations of the International RDC/TMD Consortium Network and Orofacial Pain Special Interest Group." *Journal of oral & facial pain and headache* 28.1 (2014): 6-27.
- [2] Okeson, Jeffrey P. "Etiología de los trastornos funcionales del sistema masticatorio." *La Carta Odontológica* 3.11 (1995): 149-177.
- [3] da Silva, Cristhiani Giane, et al. "Prevalence of clinical signs of intra-articular temporomandibular disorders in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis." *The Journal of the American Dental Association* 147.1 (2016): 10-18.
- [4] Instituto maxilofacial., et al. "Articulación temporomandibular (ATM): síndrome, síntomas y tratamientos." [Internet] (2013).
- [5] Lescas Méndez, O., et al. "Trastornos Temporomandibulares. Complejo clínico que el médico general debe conocer y saber manejar." *Colombia Médica [Internet]* 55.1 (2012).
- [6] Miralles, R., et al. "The changes in electrical activity of the cervical muscles upon varying the vertical dimension." *JOURNAL OF DENTAL RESEARCH*. Vol. 79. No. 5. 1619 DUKE ST, ALEXANDRIA, VA 22314 USA: AMER ASSOC DENTAL RESEARCH, 2002; 20:39-47.
- [7] Landulpho, A. B., et al. "Electromyographic evaluation of masseter and anterior temporalis muscles in patients with temporomandibular disorders following interocclusal appliance treatment." *Journal of Oral Rehabilitation* 31.2 (2004): 95-98.
- [8] Suvinen, T.I. and Kempainen, P., 2007. Review of clinical EMG studies related to muscle and occlusal factors in healthy and TMD subjects. *Journal of Oral Rehabilitation*, 34(9), pp.631-644.
- [9] Ferrario, V. F., et al. "Evidence of an influence of asymmetrical occlusal interferences on the activity of the sternocleidomastoid muscle." *Journal of oral rehabilitation* 30.1 (2003): 34-40.
- [10] Santana-Mora, Urbano, et al. "Surface raw electromyography has a moderate discriminatory capacity for differentiating between healthy individuals and those with TMD: a diagnostic study." *Journal of Electromyography and Kinesiology* 24.3 (2014).
- [11] Geng, Yanjuan, Xiufeng Zhang, Yuan-Ting Zhang, and Guanglin Li. "A novel channel selection method for multiple motion classification using high-density electromyography." *Biomedical engineering online* 13, no. 1 (2014): 102.
- [12] Chan, A. D., & Green, G. C. (2007, June). Myoelectric control development toolbox. In 30th Conference of the Canadian Medical & Biological Engineering Society (Vol. 30).